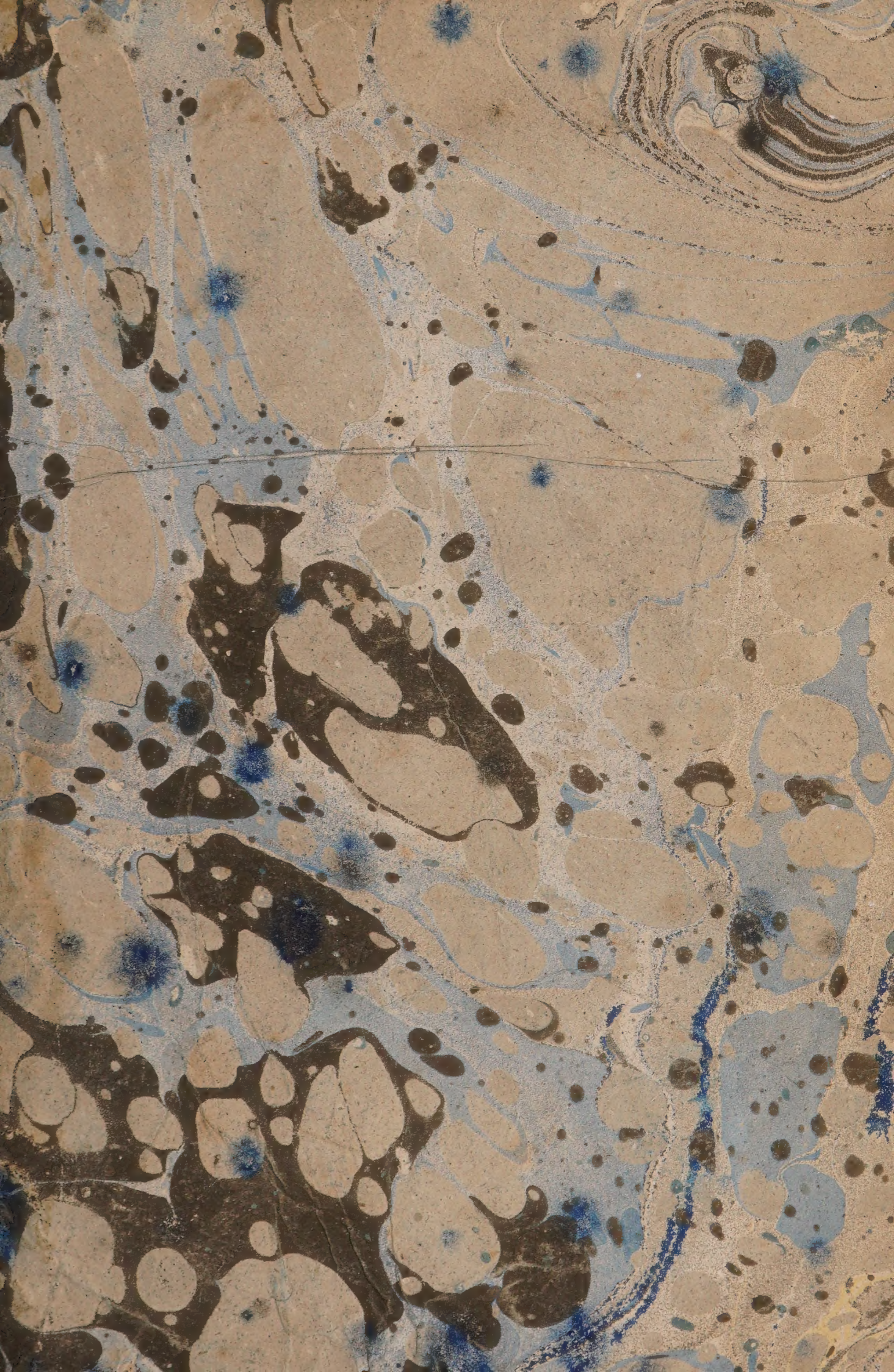






DUMAS, Jean Baptiste André

DUMAS.

TRATADO DE QUÍMICA APLICADA Á LAS ARTES,

escrito en francés

POR

M. DUMAS,

REPETIDOR DE LA ESCUELA POLITÉCNICA, PROFESOR DE QUÍMICA DEL ATENEO, CORRESPONSAL DE LA ACADEMIA DE TURIN, etc., etc.

y traducido al castellano

POR

D. LUCIANO MARTINEZ Y D. ENRIQUE MIEG.

TOMO I.

MADRID.

Imprenta de D. Benito Hortelano y Compañía,
calle de S. Carlos, esquina á la del Olivar.
1845.

LOS TRADUCTORES.

CUANDO las ciencias y las artes se engrandecen con los descubrimientos, y las naciones florecen por su apoyo, no puede mirarse con indiferencia el adormecimiento en que por falta de cultivo permanecen muchos individuos, que pudieran por sus buenas disposiciones ser el brillo del pais á que pertenecen. Sabido es que solo la industria, bien dirigida por las observaciones, constituye la mayor parte de nuestras riquezas, y que los pueblos entregados á la rutina serán siempre tributarios de aquellos otros que con esmero saben esplotar sus necesidades. Nadie ignora tampoco que el aprecio con que la sociedad distingue á los hombres, se halla en razon de los beneficios que estos pueden ofrecerla. Pero los hombres necesitan comunicarse mùtuamente, consultar sus trabajos y combinar sus observaciones, para producir resultados

nuevos que enriquecen el entendimiento y dulcifican por lo comun las penalidades de la vida. Por estas consideraciones al empeñarnos en los trabajos de una traduccion, hemos querido presentar á nuestros lectores el fruto de las investigaciones relativas á la industria que hasta nuestros dias han tenido lugar. No es la obra que presentamos una mera recopilacion de las operaciones prácticas; su autor, á quien los hombres científicos respetan con tanto fundamento, ha conocido muy bien que la simple descripcion de los procedimientos, no basta por sí sola para formar fabricantes perfectos, que puedan enriquecer sus diferentes ramos por los fundamentos de sus operaciones; que es necesario preparar el camino que á ellas conduce con las teorías mejor organizadas, porque de lo contrario, es imposible salvar sus límites sin la esposicion de perderse. Por esto ha juzgado conveniente, antes de pasar á las aplicaciones, tratar la química pura minuciosamente, dar á conocer con exactitud los cuerpos que nos presenta la naturaleza, las combinaciones de que son susceptibles y la multitud de fenómenos que resultan de ellos. Espone ademas en su introduccion, la teoría de las proporciones químicas y el sistema atómico, fundado en que el empleo de los átomos facilita la inteligencia en las combinaciones de una manera admirable. Estos principios, que á primera vista parece se alejan algun tanto de la sencillez que debe

reinar en las cuestiones de las artes, son por el contrario la base en que se apoya el conocimiento de sus operaciones; y nos será tanto mas fácil concebirlas, cuanto mas familiarizados estemos con sus fundamentos.

Siendo difícil que todos los fabricantes puedan fijar su atencion en todos los ramos que abraza la química pura, ha determinado despues de un exámen detenido, dividir toda la obra en cuatro grupos, reuniendo en cada uno de ellos todas las artes que tienen en sus bases algunos puntos de contacto, y la historia química de las materias que les pertenecen.

El primero de estos grupos se compone de los cuerpos no metálicos y de los productos ó artes que de ellos se originan, como el agua, los principales ácidos, el amoniaco, el aire atmosférico, las diversas variedades de carbon, la hulla, la aplicacion del calor y el alumbrado.

Comprende el segundo, los metales terreos y alcalinos, hallándose como aplicacion la fabricacion de algunas sales importantes, como la potasa, la sosa, el alumbre, el nitro, y por consiguiente, la preparacion de la pólvora. Este grupo tiene ademas la ventaja de reunir por otra parte, unas fabricaciones estrechamente ligadas entre sí, como son, las de los vasos terrosos, la del vidrio, de los esmaltes, y en fin, la de las cales y cimentos.

El tercero contiene la historia completa de lo

metales ordinarios, como el hierro, cobre, plomo, zinc, el estaño, el oro, la plata, el platino etc.; formando su estraccion y la fabricacion de sus aleaciones una parte muy esencial y preponderante de esta historia, sin haber por esto descuidado los productos menos importantes.

El cuarto, en fin, encierra todos los productos de la naturaleza orgánica, y las numerosas aplicaciones que de ellos dimanan. En él se encuentran el arte de la tintura, del blanqueo, la fabricacion del papel, del azùcar, del almidon, de los jabones, del alcohol, de los quesos, el arte del curtidor, del sombrerero, etc.

Al presentar el autor las generalidades colocadas al principio ó fin de cada fabricacion importante bajo la forma de recopilacion, ha sido su objeto presentar á cada fabricante los medios de estudiar los principios químicos de su industria, aun cuando jamás hayan profundizado la historia de la química general.

Nosotros seguiremos con fidelidad el testo en la traduccion; y para no interrumpir su curso se adicionará al fin de la obra todos los descubrimientos nuevos que se hayan dado á luz desde que el autor dió principio á este interesante tratado.

Los nùmeros de pesos, medidas y demas se hallarán reducidas á las españolas, colocándolas al lado de las francesas, entre paréntesis ó por medio de notas.

INTRODUCCION.

§ I.

Definicion general de la Química.

I. Cuando una circunstancia cualquiera obliga á dos masas de materia, ó á dos cuerpos, llegar al contacto, observamos inmediatamente diversos fenómenos. Para fijar las ideas, supondremos, en el concepto que estos cuerpos sean sólidos, que el uno es una lámina de hierro y el otro una de vidrio, en circunstancias tales, que nuestros instrumentos ó nuestros sentidos puedan apreciar sus diferentes temperaturas; si estos cuerpos permanecen en contacto durante cierto tiempo, advertiremos que el estado de equilibrio se establece, y manifiestan los dos por lo tanto una misma temperatura. Si fijamos un poco la atencion, notamos tambien que á escepcion de esta circunstancia, cada uno de ellos ha conservado las propiedades particulares que presentaba antes del esperimento.

Los resultados no variarán, aun cuando al simple contacto se sustituya la mas perfecta division mecánica. Si pulverizamos mecánicamente hasta el estremo posible una mezcla de mármol y de vidrio, observaremos que cada una de las partículas obtenidas de este modo, presentan constantemente en pequeño las propiedades características de la masa de donde provienen. El mármol y el vidrio permanecerán separados.

No sucede lo mismo en todas las circunstancias. Una lámina de hierro espuesta al aire húmedo, se altera rápidamente, se cubre de un orin que desnaturaliza su superficie y corroe el pulimento. Este orin contiene al hierro, pero difiere de este metal por sus propiedades químicas, por su forma pulverulenta, por su color amarillento y por su diferente accion respecto al imán. Este orin contiene ademas agua; pero esta, ya no es líquida; encierra tambien uno de los principios del aire; pero este cuerpo (antes gaseoso) se ha solidificado. El contacto del agua, del aire y del hierro, ha dado por consiguiente lugar á una reaccion, por la cual estos diferentes cuerpos han sido considerablemente modificados. Del mismo modo si vertemos vinagre sobre una superficie de mármol pulimentado, advertiremos que se manifiesta al momento una ebullicion lenta, que el vinagre pierde su sabor ácido y la superficie del mármol se corroe mas ó menos profundamente.

Estas dos clases de fenómenos, debidos únicamente al contacto, se refieren á dos ramos de los conocimientos humanos que presentan con frecuencia algunos puntos de comun; pero que se separan fácilmente por la reunion de las ideas y de los métodos. La química se ocupa de aquellos contactos que vienen acompañados de una alteracion cualquiera en la composicion de los cuerpos; la física abraza todos los otros casos. Las variaciones que se observan en la colocacion ó en las propie-

dades de una masa de moléculas semejantes, no ofrecen al químico si no un interés accesorio, mientras que reserva todo su cuidado á los fenómenos de contacto que determinan la reunion ó separacion de las moléculas de naturaleza diferente. Basta fijar la vista, aunque de paso, á nuestro alrededor, examinar los caracteres de los terrenos que componen la superficie de nuestro globo, la organizacion de los seres vivientes que le habitan y los procedimientos de las manufacturas, para convencerse que estamos cercados de una multitud de materias diferentes que se combinan y separan sin cesar, ocasionando las modificaciones que se presentan á nuestros ojos, infinitas al parecer.

II. Clasificar estos cuerpos segun su composicion, estudiar las leyes que rigen sus movimientos, es precisamente el objeto de la química. Esta ciencia se divide en dos partes. La primera, puramente descriptiva, se dirige únicamente al estudio de todos los cuerpos simples ó compuestos: la segunda, mas elevada en sus métodos y objeto, aclara lo que hay de general en la constitucion de los cuerpos y en sus acciones recíprocas.

Si tuviéramos precision de estudiar uno por uno todos los seres que nos presenta la naturaleza, nuestra memoria fatigada abandonaria bien pronto un trabajo tan imposible de terminar; pero felizmente no nos hallamos en semejante caso.

Observamos en la naturaleza ú obtenemos por los esperimentos en nuestros laboratorios cierto número de cuerpos que se diferencian entre sí por uno ó muchos caractéres, que pueden combinarse de diversos modos; pero que cuando se separan de sus combinaciones, recobra cada uno sus propiedades primitivas, y que es imposible estraer de cada uno de ellos aisladamente, por ninguno de los medios conocidos, materias

que no sean idénticas. Los químicos han convenido en dar á esta clase el nombre de cuerpos simples, y su número asciende hasta cincuenta y dos. Todas las demas materias provienen de la reunion de estos cuerpos en diversas proporciones, á las cuales han dado el nombre de cuerpos compuestos. Dejando á un lado todos los cuerpos simples, de los cuales las artes no han podido todavía hacer aplicaciones, y reuniendo en grupos las combinaciones análogas que interesan á la industria, solo nos queda que estudiar un pequeño número de leyes generales y algunos cuerpos simples ó compuestos, cuyo empleo frecuente exige un exámen detallado.

III. Puede esplicarse por dos hipótesis el modo con que las partículas de los cuerpos se reunen cuando á ello les obliga una circunstancia cualquiera. Los antiguos filósofos habian ya dirigido sus especulaciones sobre este asunto; nosotros hemos visto renacer sus opiniones con los trabajos científicos de nuestra civilizacion moderna; han sido debatidas largo tiempo sin provecho alguno, de una manera puramente teórica; pero repetidos esperimentos practicados con exactitud han venido á fijar nuestra opinion. En una de estas suposiciones se admite que las moléculas materiales son susceptibles de una devisibilidad infinita. Resulta por consecuencia inmediata de esta suposicion, que los cuerpos deben combinarse entre sí, en todas las proporciones imaginables. La otra hipótesis por el contrario, considera la materia como compnesta de partículas sumamente pequeñas pero indivisibles. En este caso, cuando se efectúa una combinacion debe considerarse como el resultado de una posicion determinada é íntima entre las moléculas de los cuerpos simples que se reunen. Cada uno de estos cuerpos entrará en el compuesto por un número de partículas, que será siempre constante en las mismas circunstancias. Si estas

llegan á cambiar, se producirá una nueva combinacion que presentará precisamente en su composicion, relaciones sencillas con las de los cuerpos precedentes. Para formarse una idea exacta de este fenómeno, fijaremos la atencion en el ejemplo siguiente. Si soldamos sobre una bala de plomo, una, dos, tres, etc. de estaño, ó por la inversa sobre una de estaño, una, dos, tres, etc. de plomo, suponiendo que estas balas son indivisibles, y que hayamos reunido cierta cantidad de estos grupos, observaremos que la relacion de las balas de cada metal, estará siempre espresada por un número entero en cada uno de ellos. Esta hipótesis se aviene perfectamente con los resultados de todos los análisis químicos. Es sumamente dificil formarse una idea exacta de los fenómenos naturales, sin haber estudiado con detencion las pruebas en que se fundan y las consecuencias á que conducen; de esto nos ocuparemos precisamente mas adelante con la detencion posible.

IV. Por lo que sigue veremos, que cuando dos cuerpos diferentes llegan al contacto, se establece inmediatamente una division del fluido eléctrico, manifestándose en el uno la presencia de la electricidad positiva y en el otro la negativa. Este fenómeno que apenas es perceptible cuando se efectúa por un contacto grosero, se reproduce con mucha energía cuando las moléculas obran unas sobre otras para producir una combinacion. Al mismo tiempo que se verifica este movimiento eléctrico, se produce un desprendimiento de calor mas ó menos considerable. Todos los dias somos testigos de que la combustion del carbon, de la leña, de los aceites y demas, es debida á la combinacion de los principios que encierran estas materias, con uno de los gases componentes de la atmósfera. Para esplicar estos fenómenos y comprender las relaciones secretas que existen entre la produccion del calor, de la luz y

de una nueva combinacion, se han valido de diversas hipótesis fundadas sobre las leyes que rigen los movimientos del fluido eléctrico. La teoría electro-química debe por la tanto esplicar los resultados que se observan, cuando se efectúa la reunion de las moléculas de los cuerpos simples; pero no se limita precisamente á este solo punto, se ocupa ademas en dar razon de la union íntima que existe entre estas moléculas despues de la combinacion, y de las circunstancias que determinan su separacion; de suerte, que en el estudio de la química solo tendremos que considerar una série de relaciones eléctricas entre moléculas materiales, de un peso determinado y de una dimension finita. La sencillez de este punto de vista merece fijar la consideracion, y tanto mas, cuando observamos que ha merecido desde su orígen la aceptacion de todos los químicos de Europa.

V. Muy bien pueden considerarse todos los fenómenos químicos como el resultado de ciertas fuerzas destinadas á poner en movimiento las partículas inertes de la materia. ¿Pero es la electricidad la única fuerza que toma parte en estos fenómenos?

La esperiencia nos hace ver que la atraccion que los cuerpos pesados egercen unos sobre otros, y que sirve de base á la esplicacion de los fenómenos astronómicos, no interviene sino en un pequeño número de casos, y de una manera demasiado vaga, en las reacciones moleculares de la materia. Por el contrario, la luz, el calórico, y sobre todo la electricidad, egercen tal influencia en los fenómenos que se efectúan entre las molèculas, que puede decirse con acierto no se verifica ningun movimiento entre ellas sin que concurra alguno de estos tres agentes.

Las opiniones de los físicos están divididas sobre la cons-

titucion íntima de estos tres agentes. Los unos los consideran como fluidos particulares, imponderables, que por su ausencia, presencia, ó por su acumulacion, dan lugar á los diferentes fenómenos que nos presentan. Los otros admiten la existencia de un solo fluido imponderable, y universalmente repartido por toda la naturaleza, y cuyos movimientos variados producen todos los resultados que atribuimos á la luz, al calórico y á la electricidad. Pero sea lo que quiera de estas dos opiniones, no debemos considerar estos tres manantiales de accion, sino como fuerzas ó potencias, cuya naturaleza nos importa poco conocer, con tal que podamos observar las leyes que los rigen, ó apreciar al menos lo que hay de general en su influencia.

VI. La constitucion íntima de las partículas materiales, no está mejor conocida; los físicos han formado varias hipótesis para esplicarla, pero careciendo de datos indispensables, se han visto precisados á detenerse en la observacion y en los esperimentos, apropósito para aclarar un asunto tan delicado, antes de renovar sus tentativas sobre este punto. Se ignora absolutamente cual sea la figura, el volúmen y el color de estas partículas; cuáles las leyes que presiden en su colocacion cuando se reunen en grupos; pero la esperiencia demuestra que son pesadas, y esta propiedad las distingue de la luz, del calórico y de la electricidad que son imponderables.

La marcha que debemos seguir se halla trazada por las ideas generales que acabamos de dar. Examinaremos los procedimientos puestos en práctica para conocer el peso de las últimas partículas de la materia, y los principales teoremas de la teoría atómica. Definiremos del modo posible la influencia que la cohesion egerce sobre las moléculas materiales. Estudiaremos las relaciones que tienen la electricidad, el calórico

y la luz con los fenómenos químicos, y despues de estas preparaciones preliminares, pasaremos al exámen detallado de los cuerpos que se emplean en los trabajos de la industria.

§ II.

Diversos estados de la materia.

VII. La materia se nos presenta bajo tres estados, de los cuales podemos con facilidad formarnos una idea. El agua nos ofrece á cada paso un ejemplo muy claro en la propiedad que tiene de pasar tan fácilmente de uno al otro de estos estados. Efectivamente, el agua se nos presenta ya convertida en hielo ó nieve, ya en su estado mas comun, líquida, ya reducida á vapor invisible. En esta forma es como se halla en la atmósfera mezclada con el aire. Para convencerse basta seguir la marcha de este líquido, cuando se halla en ebullicion. Tan luego como ha llegado este caso, se observa salir abundante vapor del vaso que la contiene, y lanzarse á la atmósfera con mas ó menos velocidad; el color blanquecino que presenta á su salida se desvanece poco á poco, hasta que concluye por desaparecer entre el aire que le rodea, como si la causa que le produce hubiera dejado de existir repentinamente. El vapor, sin embargo, permanece disuelto en el aire, como podemos convencernos por el esperimento siguiente. Si llenamos un vaso de vidrio, de agua congelada ó líquida, á la temperatura de 2.º ó 3.º sobre cero, y despues de bien tapado y seco en toda su superficie esterior, le transportamos á un sitio cuya temperatura no baje de 20.º á 25.º sobre cero, advertiremos bien pronto que sus paredes se cubren de un rocío abundante, por mas que el aire ambiente nos parezca hallar-

se enteramente seco y transparente. El agua por lo tanto, puede existir al estado sólido, líquido y aeriforme ó gaseoso.

VIII. Hay un gran número de cuerpos que pueden, como el agua, presentarse bajo estos tres aspectos; otros por el contrario, solo existen en el estado sólido; tal es la leña. Si pretendemos fundir esta sustancia, aplicándola un fuerte grado de calor, al momento se altera y cambia completamente de naturaleza. Otros pueden presentarse en estado sólido y en estado líquido, como el oro, que puede fundirse por la accion del calor, pero no pasar al estado de vapor. Otros hay, que solo pueden existir en el estado líquido y gaseoso, tal es el espíritu de vino; sometido este cuerpo á un frio considerable no esperimenta la congelacion, pero espuesto á un grado ligero de calor, desaparece enteramente en vapor á manera del agua. Otros hay en fin, que no se presentan jamás sino en estado de vapor ó de gas: estos cuerpos son poco numerosos. En la atmósfera que nos rodea tenemos un ejemplo, pues sea cualquiera la intensidad del frio á que se halle sometida, conserva constantemente su forma habitual. Ordinariamente los cuerpos sólidos son los mas numerosos en la superficie del globo, siguen á estos los líquidos y por último, los gaseosos cuyo número no asciende sino á unos veinte y cinco poco mas ó menos. La materia, bajo estas tres formas presenta propiedades generales que es indispensable conocer por las frecuentes aplicaciones que tienen en química; pero nos basta indicar aquí esta necesidad. Las obras elementales de física pueden únicamente tratar estas cuestiones con el detenimiento que merecen. En todo el curso de esta obra suponemos que todas las nociones generales de física pura, son conocidas de los lectores.

IX. Admitimos por lo tanto que las variaciones de la

cohesion ó de la fuerza que reune las moléculas semejantes, ha sido estudiada en los diferentes estados de la materia. Del mismo modo suponemos que el lector conoce las leyes generales de los fenómenos que acompañan á la accion del calórico, de la luz, de la electricidad y de la presion sobre los cuerpos en sus diferentes estados. En fin, consideramos tambien como conocidos algunos instrumentos de física, de los cuales los químicos hacen un uso bastante frecuente; tales son la máquina eléctrica, la pila de volta, etc.

Limitando el plan de esta obra á la esposicion de los fenómenos producidos por fuerzas que ya suponemos conocidas, no hemos querido sin embargo desechar todo el estudio relativo á la influencia de estas fuerzas en las reacciones químicas. En otro lugar volveremos á tratar este asunto, mas será ciñendo cuidadosamente su estudio á la esposicion pura y simple de esta influencia.

Despues de haber establecido que la materia es esencialmente pesada y que se divide en cuerpos simples y compuestos, susceptibles de afectar tres estados diferentes, es de todo punto esencial, antes de pasar mas adelante, dar la definicion de las palabras particulares al lenguage que para mejor inteligenciar han adoptado los químicos.

§ III.

Nomenclatura.

X. Todas las ciencias que tienen su origen en la observacion, presentan variaciones sucesivas y graduales en el espíritu de su nomenclatura. Debiendo esta ofrecer siempre un cuadro fiel del estado de nuestros conocimientos, esperimenta

á cada paso modificaciones tanto mas frecuentes, cuanto mas numerosas y eficaces son las investigaciones de los que se dedican á los esperimentos y observaciones. La nomenclatura de los compuestos y su clasificacion, deben por lo tanto tener entre sí relaciones íntimas que es imposible evitar. El sistema mas á propósito de agrupar estos cuerpos, consiste en reunir bajo un mismo punto de vista todos aquellos que nos presentan mayor número de propiedades comunes, siendo por esto mismo las mejores denominaciones aquellas que manifiestan desde luego á la imaginacion, el resúmen de los caractéres propios á cada uno de ellos. Esta tendencia se ha observado desde las primeras épocas de la química. Cada nombre se referia á alguna de las circunstancias de la historia del cuerpo á que habia sido dado, quedando al capricho del que lo aplicaba la eleccion del punto á que concedia la preferencia.

Los cuerpos simples son al presente los únicos cuyos nombres se hallan independientes de toda regla. En la época de la formacion de nuestra nueva nomenclatura, pretendieron hacerlos significativos, pero advirtieron no podia esto verificarse sin que resultara alguna confusion en los derivados.

XI. Los cuerpos simples, cuyo número asciende á cincuenta y dos, se dividen en dos clases. La primera comprende los gaseosos, y todos aquellos que siendo sólidos son malos conductores de la electricidad, no tienen brillo metálico y son en lo general translucientes. *Estos son los cuerpos no metálicos*, á saber:

Azoe, Azufre, Boro, Bromo, Carbóno, Cloro, Fluor, Fósforo, Hidrógeno, Yodo, Oxígeno, Selenio, Silicio.

La segunda contiene aquellos, que estando dotados de brillo metálico, son ademas buenos conductores de la electricidad y del calórico, y generalmente opacos. Hasta ahora no se

conoce ninguno gaseoso á la temperatura ordinaria. Estos son los *metales*, á saber:

Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Bismuto, Cadmio, Cálcio, Cério, Cromo, Cobalto, Cobre, Colombio, Estaño, Estroncio, Glucinio, Hierro, Iridio, Itrio, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molíbdeno, Niquel, Oro, Osmio, Paladio, Plata, Platino, Plomo, Potasio, Rodio, Sodio, Teluro, Títano, Tungsteno, Urano, Zinc, Zirconio.

Fácil es advertir que la mayor parte de estos nombres son arbitrarios ó tomados en el lenguage vulgar, pero no sucede lo mismo con los que se emplean para distinguir los compuestos que pueden formar por su reunion.

He juzgado conveniente seguir en todo el curso de esta obra, una regla que comunmente se halla de acuerdo con la nomenclatura establecida, y que presenta por otra parte, la ventaja de reunir á la denominacion de cada compuesto, otra idea de grande importancia en química. Consiste, pues, en colocar en los nombres múltiplos el de cada principio, segun el órden de su poder electro-negativo. Si consideramos por ejemplo, un compuesto sometido á la accion de la pila galbánica, el cuerpo que se dirige al polo positivo determina el género, y el que se dirija al negativo la especie. Esta regla no presenta ninguna dificultad en su aplicacion, cuando solo se refiere á compuestos binarios; pero su empleo se hace mas penoso en las combinaciones complicadas: me veré obligado algunas veces á separarme de ella para evitar la introduccion de nuevas palabras en el lenguage, que solo sirven para entorpecer al lector; pero afortunadamente estos casos son bastante raros.

XII. Antes de esponer los principios de la nomenclatura, definiremos algunos términos generales. Entre los diversos

compuestos se distinguen los *ácidos*, las *bases* y las *sales*. Las sales son unos compuestos formados por dos cuerpos, compuestos tambien ellos antes de efectuar esta nueva union. Cuando se somete una sal á la accion de la pila galbánica, su descomposicion se verifica inmediatamente; los dos compuestos que la forman se separan, dirigiéndose uno al polo positivo y el otro al negativo; el que se dirige al polo positivo es constantemente un ácido y el otro una base.

Damos el nombre de *indiferentes* á aquellos compuestos que pueden hacer indistintamente en muchas ocasiones, ya el papel de base, ya el de ácido.

Esto nos hace observar, que así las propiedades de las bases, como las de los ácidos, no son absolutas, puesto que el mismo cuerpo puede servir de base con respecto á un compuesto, y de ácido con respecto á otro.

En todas las sales el nombre del ácido, determina el género, y el de la base servirá para definir la especie.

XIII. El oxígeno va á proporcionarnos el medio de estudiar la regla precedente en todas sus modificaciones. Todos los cuerpos de los cuales hace parte, tienen muchas veces la propiedad de combinarse entre sí, y la mayor parte de los compuestos conocidos, pertenecen, bien á las combinaciones binarias del oxígeno, bien á las de los cuerpos exigenados. Esta circunstancia ha obligado á los autores de la nomenclatura moderna á darle una importancia esclusiva; estamos por lo tanto obligados á seguir su ejemplo, hasta que los químicos modernos conviniendo entre sí, hagan sufrir un trastorno á la nomenclatura en todas sus partes; mas ínterin esto no suceda podremos hallar aquí la aplicacion de nuestra regla general con la exactitud apetecible.

Sometiendo á la accion de la pila las combinaciones for-

madas por dos cuerpos oxigenados, pueden descomponerse de dos modos; si la pila es fuerte, se obtendrán en cada uno de sus polos los cuerpos simples que hacen parte de la combinacion; si por el contrario es débil, se separarán los dos cuerpos oxigenados sin esperimentar despues alteracion alguna. Aquel de los dos que se dirija al polo positivo, presentará propiedades *ácidas*, caracterizadas por un sabor agrio y por la propiedad de enrogecer la tintura de tornasol, y el que se dirija al polo negativo manifestará, si es soluble, propiedades *alcalinas* que se harán notables por un sabor semejante al de la orina, y por la propiedad de cambiar en azul el color del tornasol enrogecido por los ácidos.

Los cuerpos oxigenados que se dirigen al polo positivo, toman el nombre de *ácidos*, y los otros de *óxidos*.

Por estension se ha dado la denominacion de estos últimos, á una clase de cuerpos que no pueden formar combinaciones con los ácidos, y que no presentan propiedades ácidas ni alcalinas, tal es el *óxido de carbono*.

XIV. El nombre de los ácidos se forma dando una terminacion particular al nombre del cuerpo que se halla combinado con el oxígeno.

Se creyó en otro tiempo que los cuerpos cuando se combinaban con el oxígeno, solo podian formar dos ácidos, y caracterizaban al mas oxigenado con la terminacion *ico*, y al menos oxigenado, con la terminacion *oso*, y asi dieron el nombre de *ácido sulfúrico* al ácido formado por la combinacion del azufre con el oxígeno, cuando este cuerpo entraba en la mayor cantidad posible; y de *ácido sulfuroso* al ácido formado por la combinacion de los mismos principios, en la que el oxígeno se hallaba en una proporcion mas pequeña. Repetidos esperimentos han manifestado despues que puede formarse un ácido intermedio, y aun otro menos oxigenado que el sulfuroso, y

para distinguir estos nuevos compuestos han convenido en anteponer la palabra *hipo* á la terminacion de los anteriores, llamando por lo tanto *ácido-hiposulfúrico* al ácido intermedio, y *ácido-hiposulfúroso* al menos oxigenado de todos. Este sistema ha sido adoptado para todos los demas ácidos análogos, sea cualquiera su procedencia.

Las diversas proporciones de oxígeno que puede absorver un cuerpo cuando pasa al estado de óxido, se espresan generalmente por los números ordinales, empezando por el óxido menos oxigenado. Así se nombra *protóxido* al primer óxido, *deutóxido* al segundo, *tritóxido* al tercero, *tetróxido* al cuarto, y por último, se dá el nombre de *peróxido* al mayor grado de oxidacion, y el de *óxido* simplemente al menor, que es equivalente de protóxido.

XV. Las combinaciones producidas por los cuerpos oxidados, y que se han espresado de una manera general con la denominacion de *sales*, toman nombres compuestos, de tal modo, que el ácido determina el género, y el óxido la especie; porque como ya hemos advertido al indicar la accion de la pila galbánica sobre las sales, el ácido se halla siempre en estado negativo con respecto al óxido. Cuando el ácido que se ha unido á un óxido para formar una sal, tiene su terminacion en *ico* la cambia en *ato*, y si en *oso*, en *ito*, de suerte que para espresar una sal que proviene del ácido sulfúrico, diremos *sulfato*, y si del ácido sulfuroso, *sulfito*. Si la sal es formada por el ácido hiposulfúrico, tomará el nombre de *hiposulfato*, y si por el ácido hiposulfuroso, el de *hiposulfito*, y añadiendo á estos nombres el de la especie á que pertenece segun su grado de oxidacion, diremos *sulfato de protóxido de hierro*, *hiposulfato de deutóxido de cobre*, *sulfito de protóxido de hierro*, etc.

Con el objeto de abreviar, suele anteponerse algunas veces al ácido el grado del óxido, diciendo *protosulfato de hierro, deutosulfato de cobre, tritosulfato de hierro,* etc.; pero esta locucion ofrece inconvenientes fáciles de conocer y que nos impedirán poder hacer uso de ella.

Son diversas las proporciones en que pueden combinarse los ácidos con los óxidos, sucediendo á veces que uno de los dos se halle demasiado débil para destruir las propiedades del otro ó lo que significa lo mismo, para *neutralizarle.* De aquí provienen tres clases de combinaciones espresadas con los nombres de *sales neutras, sales ácidas* y *sales básicas,* ó lo que es lo mismo *con esceso de base* ó *de óxido.* Estas denominaciones han podido satisfacer en una época en que la análisis química se hallaba poco adelantada; mas en el dia en que la mayor parte de las sales han sido examinadas con detencion, debieron buscarse los medios de dar á sus nombres un valor mas determinado. Esto se hace indispensable, sobre todo, cuando el mismo óxido puede formar muchas sales ácidas ó varias subsales, lo que sucede con bastante frecuencia.

Esta precision puede obtenerse fácilmente, atendiendo á que el ácido de las sales ácidas es siempre un múltiplo del de las neutras, y que con respecto á la base de las subsales, se observa la misma circunstancia. Asi en vez de decir, *sulfato neutro de potasa, sulfato ácido de potasa*, diremos *sulfato de potasa* y *bisulfato de potasa*; lo que espresa con una sola palabra, que la cantidad de ácido del segundo es doble de la del primero; de la misma manera *tri-sulfato, cuadri-sulfato, si-sulfato* indican proporciones de ácido, tres, cuatro, seis veces mayores que las que entran en la sal neutra. Algunas veces la cantidad de ácido es fraccionaria, y frecuentemente vez y media de la que contiene la sal neutra; en este caso, se antepone al

nombre del ácido el término latino *sesqui*, por ejemplo, *carbonato de sosa, sesqui-carbonato de sosa, bi-carbonato de sosa*, etc.

La ventaja de este sistema es evidente, y deben sin duda alguna desecharse las denominaciones adoptadas por algunos químicos, que consisten en combinar el número de órden del óxido, con el nombre del ácido, y aunque cueste mas tiempo decir bi-sulfato de deutóxido de cobre, debe sin embargo, preferirse á bi-deutosulfato de cobre, que representa siempre un sentido falso en el órden gramatical. Cuando las sales contienen un esceso de base, ó esta es un múltiplo de las neutras, se espresarán anteponiendo al óxido y no al ácido, el número múltiplo que contenga la base: así diremos, *sulfato de protóxido de hierro, sulfato de deutóxido de hierro*,ect.

Siempre que dos sales se combinan entre sí, lo que sucede varias veces, forman compuestos que reciben el nombre de *sales dobles* ó *sales de doble base;* en este caso, aplicando la regla establecida, las nombraremos por su rango eléctrico, anteponiendo la base mas negativa despues del ácido; así diremos, para espresar la sal formada por el sulfato de alúmina y el de potasa, *sulfato de alumina* y *de potasa*,

Las bases salificables suelen tambien combinarse entre sí, presentando esta propiedad de una manera muy notable, el óxido de cobre y el de aluminio. Para distinguir estos compuestos, tomaremos en primer lugar el nombre del metal que hace parte del óxido negativo, y dándole la terminacion de los ácidos, diremos *cobrato de protóxido de potasio* ó *cobrato de potasa, aluminato de potasa* etc.

XVI. Aplicando las mismas reglas á las combinaciones del agua con los ácidos y los óxidos metálicos podremos esplicar fácilmente su naturaleza; este líquido es constantemente

positivo con respecto á los ácidos, y negativo para los óxidos: la dificultad de darle en español y en latin una terminacion adgetiva, ha obligado á tomar del griego la palabra *hidro*, de la que se ha formado *hidrato* é *hidratado* para significar sus compuestos, llamando por esto á la combinacion del ácido bórico con el agua, *ácido bórico hidratado*, y á la combinacion del agua con el óxido de potasio, *hidrato de potasa*; posponiendo en el primero el nombre del agua, por hallarse al estado positivo, y anteponiéndole en el segundo por ser negativa.

XVII. Las combinaciones de los metales entre sí toman el nombre de aleaciones; estas se espresarán por el de los metales que las forman, teniendo siempre delante que debe empezarse á nombrar por los que presenten el mayor poder negativo; así en vez de decir *aleacion de plomo y estaño*, diremos *aleacion de estaño y de plomo*. Los químicos antiguos dieron el nombre de *amalgamas* á todas las aleaciones en que hacia parte el mercurio, colocando siempre aquella espresion á la cabeza; esta costumbre permanece todavía, y para significar las aleaciones de mercurio y estaño, de mercurio y plomo etc., decimos, *amalgama de estaño, amalgama de plomo*.

XVIII. Las combinaciones de los cuerpos no metálicos, entre sí ó con los metales, se espresarán dando al cuerpo mas negativo la terminacion en *uro*, de suerte que para significar las combinaciones de cloro y azufre, de azufre y carbono, de carbono é hidrógeno, diremos *cloruro de azufre, súlfuro de carbono, carburo de hidrógeno*. De esta suerte se manifiestan á un golpe de vista las relaciones eléctricas en que se hallan estos diversos cuerpos.

Esta série tiene no obstante algunas escepciones, porque se ha querido sin razon distinguir entre los compuestos que

encierra, aquellos que son gaseosos, de los que son sólidos ó líquidos. Los primeros se espresan poniendo en primer lugar el nombre del gas, y en segundo, el del otro cuerpo que le acompaña con la terminacion en *ado*, como *Hidrógeno carbonado, Hidrógeno fosforado, Hidrógeno arsenicado*, cuyos cuerpos son realmente *carburos, fósfuros* y *arseniuros de Hidrógeno* al estado de gases. Para los sólidos y líquidos se seguirá constantemente la regla establecida, á escepcion de aquellos casos en que los compuestos sean ácidos.

XIX. Estos casos presentan algunas escepciones que desgraciadamente son muy difíciles destruir por el momento. El cloro, el azufre, el iodo y otros, tienen la propiedad de formar ácidos cuando se combinan con el Hidrógeno y estos ácidos se distinguen con el nombre general de *hidrácidos.* Sus nombres particulares se forman con la palabra *hidro*, seguida del nombre del otro cuerpo á quien se le dá la terminacion *ico*, como *ácido hidro-clórico, ácido hidro-sulfúrico ácido hidro-iódico* etc., y las sales que forman por su combinacion con los óxidos, toman el nombre de *hidro-cloratos, hidro-sulfatos, hidro-iodatos*, etc. Estos nombres parecen defectuosos á la inteligencia de todos los químicos: primero, porque parece que indican la combinacion de un ácido formado por el oxígeno con el agua; y segundo, porque se separan de la regla general, qne atribuye el primer lugar á los cuerpos mas negativos. No es, sin embargo, nuestro objeto reemplazarlos, pero sí aconsejaremos al lector que no pierda de vista, que los ácidos hidro-clórico é hidro-sulfúrico, son el *cloruro de hidrógeno* y el *sulfuro de hidrógeno*, etc.

XX. Llegamos al presente á casos particulares de poca importancia, que examinaremos mas adelante con detencion. Se observa desde luego que, entre los compuestos binarios no

metálicos hay dos, á los que han dado nombres unívocos; tales son el *azoturo de carbono* llamado *cianogeno*, y el *azoturo de hidrógeno* llamado *amoniaco*. Hay ademas ocasiones en que se reunen tres cuerpos simples; entonces se forma una palabra compuesta de tal modo, que los dos cuerpos mas negativos hacen parte del primer término, formando el otro por entero el cuerpo que les sigue, de suerte, que para nombrar los compuestos de iodo, azufre y antimonio, de oxígeno, azufre y antimonio, diremos *iodo-sulfuro de antimonio*, *oxi-sulfuro de antimonio*, etc. Estos nombres indican bastante bien, que el antimonio se encuentra sulfurado y oxidado, ó sulfurado é iodurado á la vez.

Entre los óxidos simples, el óxido de hidrógeno conserva el nombre de agua que comunmente tiene.

XXI. Se observa en fin, que el oxígeno, el carbono y el hidrógeno, se combinan en un gran número de proporciones, formando en tales casos lo que se llaman compuestos ternarios; y de la misma suerte, el oxígeno, el carbono, el azoe y el hidrógeno, producen muchas combinaciones cuaternarias. Hubiera sido muy dificil crear palabras significativas para designar unos cuerpos que no se diferencian á veces, sino por caractéres apenas perceptibles y que se forman ademas bajo unas leyes que nos son todavía desconocidas. Se ha recurrido sin embargo, á un artificio bastante feliz. La mayor parte de los compuestos ternarios de este género, provienen de las plantas ó de sus alteraciones; los compuestos cuaternarios se hallan generalmente, entre las materias animales; así, los han dividido en tres clases principales por sus propiedades ácidas, neutras ó alcalinas; y han formado sus nombres tomando por radical el de la planta, del animal ó del órgano que los produce, haciendo terminar en *ico* el de los ácidos y en *ina* el de

los álcalis, no habiendo podido formar regla alguna para los otros. El ácido que contiene el limon toma el nombre de *ácido cítrico*, y el de la nuez de agalla *ácido agálico*. El álcali que contiene la quina, se espresa con el nombre de *quinina* y asi de los demas. Las materias neutras se nombran de un modo arbitrario, como *alcohol, azucar, almidon, gluten, gelatina, cáseo* etc. Hay ademas otros compuestos que á pesar de no tener las propiedades de las bases salificables, tienen sus nombres la terminacion en *ina* como la *gelatina* y la *albúmina*. Seria muy conveniente que los químicos trataran en lo sucesivo de evitar esta confusion.

XXII. En resúmen, el lenguaje de la química está limitado á un pequeño número de reglas esenciales.

Todos los nombres unívocos espresan cuerpos simples, á escepcion de *agua*, *cianogeno*, *amoniaco* y los nombres de algunas *materias orgánicas*.

Los cuerpos simples ó son ó no *metálicos*. Dos ó muchos metales reunidos forman una *aleacion*. Cuando se combinan entre sí, ó con los metales, los cuerpos no metálicos, producen los *sulfuros*, los *cloruros*, los *fosfuros*, los *cloro-carburos*, los *iodo-sulfuros*, etc.

Los compuestos oxigenados se distinguen con el nombre de *cuerpos quemados*. Estos son *ácidos*, cuando tienen un sabor ágrio y enrojecen la tintura de tornasol; y *óxidos* cuando carecen de estas propiedades y vuelven azul la tintura de tornasol enrojecida por los ácidos. *Acido fosforoso* es el ácido de fósforo con poca cantidad de oxígeno; *ácido fosfórico*, el ácido de fósforo con todo el oxígeno posible. *Protóxido de cobre*, *deutóxido de cobre* y *tritóxido de cobre* son el primero, segundo y tercer óxido de cobre. *Sulfato*, sal compuesta de ácido sulfúrico y un óxido. *Sulfato*, *semi-sulfato*, *sesqui-sulfato*,

bisultato, *tri–sulfato* de un óxido cualquiera: son compuestos en los cuales, siendo constante la cantidad de base, las proporciones de los ácidos siguen las razones de 1, 1/2, 1 1/2, 2, 3, etc. *Acido hidratado*, combinacion de un ácido con el agua. *Hidrato*, la combinacion del agua con un óxido. *Hidrácidos*, *ácido hidroclórico*, etc., combinaciones ácidas de uno ó muchos cuerpos con el hidrógeno.

XXIII. Tales son las bases de la nomenclatura francesa actual; pero si en una obra de aplicacion como esta debemos evitar toda innovacion en la nomenclatura, no es menos esencial indicar con precision las circunstancias que pueden exigir una reforma general en el lenguaje químico.

Los fundadores de esta nomenclatura habian clasificado al oxígeno como un ser enteramente separado; mas en el dia se ha descubierto que todos los cuerpos no metálicos, á escepcion del hidrógeno, pueden hacer sus veces en la mayor parte de los casos. Con efecto, estos cuerpos combinados con ciertos metales forman verdaderas bases salificables, y con otros, ó bien con cuerpos no metálicos, pueden producir verdaderos ácidos. De aquí proceden tantos entorpecimientos en la nomenclatura de estos compuestos.

El cloro y el fósforo forman el *cloruro de fòsforo*; pero este compuesto es un ácido, y debe por consecuencia tomar el nombre de àcido cloro–fosfórico. En el mismo caso se halla el cloruro de mercurio, debiendo por lo tanto llamarse ácido cloro–mercúrico. Entre los sulfuros de arsénico hay dos que son àcidos, y el uno debe llamarse ácido sulfo–arsenioso, y el otro ácido sulfo-arsénico, etc.

Por otro lado, los cloruros de potasio, de sódio, etc. son unas verdaderas bases; lo mismo sucede con los sulfuros, los fluoruros y los ioduros, etc. de estos metales. Se podrán pues,

encontrar compuestos formados por los ácidos precedentes, unidos á estas bases y será preciso designarlos bajo los nombres de cloro-mercuriato de cloruro de potasio, sulfo arseniato de sulfuro de sódio etc.

XXIV. Todos estos nombres tienen el inconveniente de mantener en duda si el oxígeno existe ó no en el compuesto. Acido cloro-fosfórico, sulfo-arsénico, son espresiones que parece indican la union del ácido fosfórico con el cloro, y la del ácido arsénico con el azufre; y en un libro cuyo primer cuidado debe ser la claridad, creo debo dejar á los compuestos binarios precedentes, los nombres bajo los cuales han sido conocidos hasta el presente. Con respecto á las combinaciones que pueden formar entre sí, las espresaré del modo siguiente: cloruro de mercurio y de sódio, compuesto de dos cloruros, en él que el de sódio hace el papel de base y el otro el de ácido. Sulfuro de arsénico y de potasio, etc., teniendo siempre cuidado de colocar el que hace papel de ácido el primero, y el de base el segundo.

El descubrimiento de estos nuevos cuerpos hace indispensable la reforma de nuestra nomenclatura; pero los cambios que ha de sufrir, deben ser adoptados por la ciencia, antes de pasar á las aplicaciones.

Cierto es que se ha propuesto ya colocar al oxígeno en el rango de los otros cuerpos no metálicos, llamando á los óxidos *oxuros*, como se dice de los cloruros, etc., ó bien cambiar el nombre de estos últimos en *cloridos* y *súlfidos*, etc; pero el primero de estos cambios no ha sido adoptado, y el segundo se halla todavia muy lejos de estarlo en lo general, si bien tiene en su favor la autoridad del nombre de M. Berzelius.

Despues de estas reflexiones nos parece conveniente rea-

sumir en pocas palabras el cuadro de las combinaciones inorgánicas, presentando algunos ejemplos de la nomenclatura que hemos de seguir.

1.°	Cuerpos simples.	no metálicos.
		metálicos.

Sus nombres no son significativos.

2.° Compuestos binarios. . . .	no metálicos entre sí. . .	ácidos.
		indiferentes.
		basicos.
	metálicos y no metálicos.	ácidos.
		indiferentes.
		basicos.
	metálicos entre sí. . . .	aleaciones.

Los ácidos oxigenados se espresarán con los nombres que ya hemos establecido, como *ácido fosforoso*, *ácido fosfórico*, *ácido arsenioso*, *ácido arsénico*, *ácido antimonioso*, *ácido antimónico*.

Los compuestos oxigenados que no tengan propiedades ácidas, serán óxidos.

Los demas compuestos se designarán de una manera uniforme, dando la terminacion *uro* al cuerpo mas negativo, como *cloruro de arsénico*, *sulfuro de plomo*, etc., esceptuando el caso en que el compuesto contenga al *hidrógeno*; porque entonces, si es ácido diremos *ácido hidro-clórico*, *hidro-fluórico*, etc., y si es gaseoso y no ácido, diremos *hidrógeno carbonado*, *hidrógeno arsenicado*, etc.

3.º Compuestos ternarios. . . .	no metálicos entre sí. . .	ácidos.
		indiferentes.
	no metálicos y metálicos.	basicos.
	metálicos entre sí. . . .	aleaciones.

Para los compuestos ternarios se seguirá el mismo sistema que para los precedentes; asi diremos ácido cloroxi-carbónico, para indicar el ácido formado por el cloro, el oxígeno y el carbono. Yodo-sulfuro de antimonio, para el compuesto no ácido de yodo, azufre y antimonio. Esta clase de compuestos son bastante raros; pero la mayor parte de los que se conocen, son de mucho interés en las operaciones industriales.

4.º Compuestos salinos.

Estos son producidos siempre por dos cuerpos binarios que se combinan sin que sus propias moléculas esperimenten modificacion alguna. Esta clase es la mas numerosa de todas; comprende todos los compuestos formados por los cuerpos siguientes:

1.º Los oxácidos y los óxidos.
2.º Los hidrácidos y los óxidos.
3.º Los cloruros y los cloruros.
4.º Los cloruros y los óxidos.
5.º Los yoduros y los yoduros.
6.º Los yoduros y los óxidos.
7.º Los cloruros y los yoduros.
8.º Los sulfuros y los sulfuros.
9.º Los sulfuros y los óxidos.
10.º Los cloruros y los sulfuros.
11.º Los yoduros y los sulfuros, etc. etc.

Ya dejamos indicada la marcha que debemos seguir; es

bastante sencilla para la primera, segunda, tercera, quinta y octava clase de estos compuestos. En efecto, en la primera y segunda el nombre del ácido es unívoco, y de ellas dimanan los *carbonatos*, *fosfatos*, *hidro-sulfatos*, *hidro-fluatos*, etc. de diversos óxidos. La tercera, quinta y octava clase no se hallan en el mismo caso; pero como el cuerpo negativo es único, la presencia de dos radicales metálicos no puede hacer todavia muy complicado el nombre. *Cloruro de platino y de potasio*, *cloruro de oro y de sodio* son denominaciones bastante sencillas.

No sucede lo mismo seguramente en los demas casos donde entran dos cuerpos negativos en el mismo compuesto: sus denominaciones serán difíciles de formar no siendo el radical simple. En este caso tendremos que decir *cloróxido de calcio, yodóxido de magnesio* para designar la combinacion del cloruro y el óxido de calcio, y la de yoduro y óxido de magnesio; pero como estos casos se presentarán rara vez, emplearemos con preferencia una definicion corta en vez de nombres que pueden dar lugar á equivocacion.

XXVI. Asi los oxácidos como los hidrácidos pueden formar combinaciones con otros compuestos que no sean óxidos. Comprendido perfectamente lo que llevamos dicho, será muy fácil entender lo que significan las denominaciones siguientes: *Sulfato de hidrógeno carbonado, hidroclorato de cloruro de mercurio, hidro-sulfato de sulfuro de potasio*. Estos son compuestos neutros, formados por los ácidos sulfúrico, hidro-clórico é hidro-sulfúrico, unidos respectivamente al hidrógeno carbonado, al cloruro de mercurio y al sulfuro de potasio que hacen el papel de base.

A pesar de lo estenso de esta esposicion, no me lisongeo de haber eludido las dificultades. La nomenclatura química,

no está ya en armonía con la ciencia, y no puedo menos de recomendar á los principiantes que deben aprenderla como un idioma, y no como la única espresion de un sistema.

§. IV.

Números proporcionales.

XXVII. La importancia actual de la teoría atómica en el estudio de la química debe interesar á todas las personas que se deleitan en reflexionar sobre las grandes cuestiones de la filosofía natural, á fijar su consideracion hácia el órden de estas leyes.

Entre las conquistas que nuestra inteligencia ha efectuado en los tiempos modernos, es tal vez la mas notable sin duda, porque se acomoda mas íntimamente con las ideas que podemos formar sobre la materia en general, sobre los límites de su divisibilidad , y en fin, sobre la forma y las diversas propiedades de las partículas que la componen. Vamos á esponer en pocas palabras los hechos y sus consecuencias.

XXVIII. Habiendo hecho con exactitud el análisis de los ácidos que el azufre puede formar por su combinacion con el oxígeno, se ha encontrado que

100	de azufre	y 50	de oxígeno,	forman el ácido hiposulfuroso.
100	id.	y 100	id.	forman el ácido sulfuroso.
100	id.	y 150	id.	forman el ácido sulfúrico.

Fácil es advertir que los números que espresan el peso del oxígeno añadido á 100 de azufre, son entre sí como los números 1, 2, 3. Relaciones análogas se manifiestan en todas las séries de combinaciones binarias.

Esta ley tan notable, á la que han llamado *ley de las proporciones múltiplas*, ha sido uno de los primeros pasos hácia el conocimiento de la teoría de los átomos. Hace ver efectivamente que las combinaciones entre cuerpos diversos no pueden efectuarse de un modo irregular. Inútil es advertir que todos los cuerpos se hallan sometidos á la misma ley, como puede observarse ademas en las tablas que contiene esta obra. Este género de relaciones prueba hasta la última evidencia que las combinaciones no se efectuan indiferentemente en todas las proporciones, y que cuando se ha hecho el análisis de un compuesto binario cualquiera, puede predecirse que si los dos cuerpos que le constituyen son susceptibles de reunirse todavia, será siempre en cantidades múltiplas de las que se han hallado en el primer caso. Tomando uno de los cuerpos como cantidad fija, el otro variará solamente en las razones sencillas de los números 1, 2, 3, 4, 5, etc.; pero rara vez mas allá.

XXIX. Si examinamos por otra parte dos séries de combinaciones, veremos que nos presentan relaciones de otro género, pero no menos notables. Sírvannos de ejemplo las dos séries siguientes:

Plata. .	2703	y	200	de oxígeno forman	el óxido de plata.
Bario. .	1713	y	200	id.	el protóxido de bario, barita.
Bismuto.	1773	y	200	id.	el óxido de bismuto.
Cadmio.	1393	y	200	id.	el óxido de cadmio.
Calcio. .	512	y	200	id.	el óxido de calcio, cal.
Cobre. .	791	y	200	id.	el óxido de cobre.

Plata. .	2703	y	400	de azufre forman	el sulfuro de plata.
Bario. .	1713	y	400	id.	el sulfuro de bario.

Bismuto.	1773	y	400	id.	el sulfuro de bismuto.
Cadmio.	1393	y	400	id.	el sulfuro de cadmio.
Calcio. .	512	y	460	id.	el sulfuro de calcio.
Cobre. .	791	y	400	id.	el sulfuro de cobre.

Observamos por estas tablas que una cantidad de metal trasformada en óxido por 200 de oxígeno, necesita 400 de azufre para pasar al estado de sulfuro; de donde se sigue que si se quieren transformar en sulfuro 2903 partes de óxido de plata, será necesario emplear 400 partes de azufre para desalojar el oxígeno, y recíprocamente 3,403 partes de sulfuro de plata necesitarán 200 de oxígeno para pasar al estado de óxido, siempre que el oxígeno sea susceptible de desalojar al azufre de esta combinacion.

Esta propiedad lleva en química el nombre de *ley de los equivalentes*. Se advierte en efecto que 200 partes de oxígeno equivalen á 400 de azufre, y semejantes relaciones se observan en todos los compuestos cuya naturaleza está bien determinada. De suerte que se puede algunas veces calcular la composicion de un cuerpo, sirviéndose de los resultados obtenidos por el análisis de otro. Si, por ejemplo, no se hubiera determinado por la esperiencia la cantidad de azufre necesaria para trasformar la plata en sulfuro, se hubiera podido deducir fácilmente por la de oxígeno que necesita este metal para pasar al estado de óxido. En este caso hubiéramos dicho: si 2703 partes de plata y 200 de oxígeno forman el óxido, serán precisamente necesarias 400 de azufre para reemplazar al oxígeno, y tendremos que 2703 de plata y 400 de azufre forman la composicion del sulfuro de plata. Frecuentemente se emplea en química la ley de los equivalentes de esta manera, con el objeto de fijar la proporcion de los principios cons-

titutivos de ciertos cuerpos, que no ha sido posible todavia analizar; pero es necesario conceder que su aplicacion debe hacerse con la mayor prudencia y sagacidad, porque de lo contrario, pueden originarse errores de muchísima consideracion. Cuando un metal, por ejemplo, es susceptible de combinarse con muchas proporciones de oxígeno y de azufre, formando por esto diferentes óxidos y sulfuros, podrá solamente la esperiencia determinar cuáles son de entre estas combinaciones las que se corresponden.

XXX. Existe, sin embargo, un caso en que se aplica la ley de los equivalentes con una ventaja muy notable; este es el estudio de las sales bajo el punto de vista de su composicion. Por este medio se obtiene efectivamente un carácter que permite definir la combinacion y elegir con certidumbre entre muchos compuestos del mismo orden aquel que se desea estudiar de una manera especial. Todas las sales neutras pueden ser calculadas de esta suerte, porque no se debe conservar la menor duda sobre el rango de una combinacion salina de esta clase. Cuando el ácido y la base salificable que la originan sean susceptibles, como sucede con frecuencia, de producir muchas sales diferentes, no podrán confundirse jamás las que contienen un esceso de ácido ó de base, con las neutras que ofrecen una saturacion mútua y precisa de los dos cuerpos que las constituyen. Si examinamos la formacion de los sulfatos veremos, por ejemplo, que cinco partes de ácido sulfúrico exigen para su saturacion una cantidad de óxido que contenga una parte de oxígeno; de aqui se deduce, que cuanto mayor sea la cantidad de oxígeno que tenga un óxido, tanta menos cantidad habrá que emplear de él para efectuar la saturacion. Aclararemos este pensamiento con el siguiente ejemplo.

791 de cobre y 100 de oxígeno, forman 891 de protóxido de cobre.

791 de id. y 200 de id. ......991 de deutóxido de cobre.

891 de protóxido de cobre y 500 de ácido sulfúrico, forman el sulfato de protóxido de cobre.

991 de deutóxido de cobre y 1000 de ácido sulfúrico, forman el sulfato de deutóxido de cobre.

Se observa en este ejemplo que 1000 partes de àcido sulfúrico, que serian saturadas por 991 de deutóxido de cobre, exigirian 1782 de protóxido para su saturacion. La cantidad de oxígeno contenida en el óxido, es por lo tanto proporcional á la cantidad de ácido empleada; esta ley ha sido suficiente para calcular la composicion de todos los sulfatos neutros, desde que la esperiencia ha determinado la composicion de los óxidos. Al tratar de las sales volveremos á tocar este asunto, porque todas están sometidas á las mismas leyes, y nuestro objeto ha sido únicamente completar en este lugar lo espuesto sobre las aplicaciones de la ley de los equivalentes.

XXXI. En resúmen, cuando queramos descomponer un óxido por el azufre, tendremos presente que 400 partes de azufre son el equivalente de 200 de oxígeno; y si pretendemos combinar el ácido sulfúrico con una base salificable, no perderemos de vista que 5 partes de ácido sulfúrico equivalen á una cantidad de base que contiene 1 de oxígeno. Los números que representan las cantidades en que los diversos cuerpos se saturan mútuamente han recibido el nombre de *equivalentes químicos*, ó bien el de *números proporcionales*, que se reemplaza algunas veces por la palabra *proporcion*.

XXXII. La teoría de las proporciones químicas se apoya sobre dos leyes determinadas por la esperiencia, á saber: la ley de las proporciones múltiplas y la de los equivalentes, las

cuales pueden muy bien espresarse de una manera general, porque si tomamos una cantidad *a* de un cuerpo cualquiera, capaz de formar combinaciones con otros cuerpos, cuyas cantidades estén representadas por

b *c* *d* *e* *f* *g* etc.

de tal suerte, que produzcan los compuestos *ab*, *ac*, *ad*, *ae*-*af*, *ag*, etc., el cuerpo *b* podrá combinarse tambien con los siguientes, y formar los compuestos *bc*, *bd*, *be*, *bf*, *bg*, etc.; lo mismo sucederá con los cuerpos *d*, *e*, *f*, *g*, etc. Si por otra parte tomamos una nueva série,

h *i* *k* *l* *m* *n* etc.,

en la cual puedan combinarse todos los cuerpos con el cuerpo *a* para formar los compuestos *ah*, *ai*, *ak*, *al*, *am*, *an*, es evidente que todos estos cuerpos podrán tambien combinarse entre sí y producir los compuestos *hi*, *hk*, *hl*.... *ik*, *il*, *im*... *kl*, *km*,... *lm*, *ln*,... *mn*; y por la misma razon que todos pueden combinarse con *a*, podrán combinarse tambien con sus equivalentes *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, y formar los compuestos *bh*, *bi*, *bk*,... *ch*, *ci*, *ck*,... *dh*, *di*, *dk*,... *gh*, *gn*, etc.

Si introducimos en cada uno de estos compuestos binarios las modificaciones que resultan de la ley de las proporciones múltiplas, veremos que puede formarse para cada uno de ellos una nueva série en esta forma:

a+b....a+2b...a+3b...a+4b...a+5b
ó bien a+b...2a+b...3a+b...4a+b...5a+b.

XXXIII. Se ha convenido comparar todos los números proporcionales con una unidad comun.

Los químicos han dado generalmente la preferencia al oxígeno, y representan su número proporcional por 1, por 10, ó por 100, que viene á ser lo mismo, cambiando de sitio la coma.

Concibamos que el número proporcional de cada uno de estos cuerpos, simples ó compuestos, está destinado á representar la cantidad ponderable de estas materias, que equivale á 1, 10 ó 100 de oxígeno: para hallar este número podremos poner en práctica diferentes métodos.

Tomemos, por ejemplo, 100 partes en peso de óxido de plata puro; pongámosle en una pequeña retorta de vidrio, cuyo peso sea conocido, y calentemos el óxido hasta que se efectúe su completa descomposicion. Todo el oxígeno se desprenderá, y solo quedarán en la retorta 93,11 de plata metálica. De aquí deduciremos, que el óxido solo contenia 6,89 de oxígeno, y por consecuencia las cantidades de oxígeno y de plata en que estos cuerpos se saturan. Este resultado nos facilita el medio de obtener el número proporcional de la plata por la proporcion siguiente: 93,11 plata: 6,89 oxígeno: : x plata: 0 oxígeno.... $x = \frac{93,11 \times 10}{6,89} = 135$, número proporcional ó equivalente de la plata, ó en fin, cantidad de plata que se combina con 10 partes de oxígeno para formar un óxido de este metal.

XXXIV. Las mismas consecuencias podremos sacar de un óxido cualquiera, siempre que la cantidad relativa de oxígeno y de metal nos sea conocida. Fácil es observar que el análisis de un óxido cualquiera no puede servirnos de regla con respecto á las cantidades, en que se combinan los cuerpos para formar los óxidos.

La esperiencia nos hace ver que 100 partes de cobre pueden combinarse con 12,5, con 25 ó con 50 de oxígeno, poco mas ó menos; y aplicando estos resultados á la determinacion del número proporcional del cobre, hallaremos:

100	cobre	:	12,5	oxígeno	: :	x	cobre	:	10 oxígeno.
100	id.	:	25,»	id.	: :	x	id.	:	10 id.
100	id.	:	50,»	id.	: :	x	id.	:	10 id.

Ya vemos en estas tres proporciones que todos los términos son iguales á escepcion del segundo, por lo cual el valor de *x* debe ser diferente para cada uno de estos datos; y que será tanto mas pequeño, cuanto mayor sea la cantidad de oxígeno del óxido; asi tendremos:

$$\text{Para la primera} \frac{100 \times 10}{12,5} = 80$$

$$\text{Para la segunda} \frac{100 \times 10}{25} = 40$$

$$\text{Para la tercera} \frac{100 \times 10}{50} = 20$$

Puede adoptarse indistintamente uno ú otro de estos números. Si se hace uso del primero, se establecerá la série de los óxidos de esta suerte:

Una proporcion de cobre	$80+10$	oxígeno	protóxido.
Una	id.	$80+20$	oxíg.	deutóxido.
Una	id.	$80+40$	oxíg.	tritóxido.

Si se toma el segundo, se tendrá:

Una proporcion de cobre		40+10	oxíg.	deutóxido.
Una	id.	40+20	oxíg.	tritóxido.
Una	id.	80+10	oxíg.	protóxido.

En fin, si se prefiere la tercera se hallará:

Una proporcion de cobre		20+10	oxíg.	tritóxido.
Dos	id.	40+10	oxíg.	deutóxido.
Cuatro	id.	80+10	oxíg.	protóxido.

XXXV. Seria muy dificil, y tal vez imposible, elegir entre estas tres séries, aun cuando las consideráramos exactas.

Asi para resolver de una vez la cuestion, y á fin de cortar todas las dificultades que sin cesar se presentarian, porque casi todos los metales se hallan en el mismo caso, han convenido en seguir una regla puramente arbitraria á la verdad, pero suficiente á las actuales necesidades de los químicos. Consiste solo en dar la preferencia al número proporcional que se deduce del protóxido.

El número proporcional ó la proporcion de un cuerpo es, pues, la cantidad en peso de este cuerpo que, combinándose con 10 de oxígeno, da origen al primer óxido.

La suma de los números proporcionales, ó de las proporciones de los cuerpos simples que se combinan, dan el número proporcional ó la proporcion del compuesto que resulta.

Para desalojar una proporcion de un cuerpo cualquiera que se halla empeñado en una combinacion, es necesario en general emplear otra del cuerpo destinado á reemplazarle.

Para producir una sal neutra, basta unir una proporcion de un ácido cualquiera á otra de cualquiera base; de esta circunstancia se saca como consecuencia general, que para descomponer una sal neutra por un ácido debe emplearse una proporcion de cada uno de ellos; y lo mismo para descomponerla por una base, ó bien cuando se desea producir una doble descomposicion por medio de dos sales neutras, formando en este caso dos sales igualmente neutras.

Tabla de los números proporcionales de los cuerpos simples.

NOMBRES.	NÚMEROS.	NOMBRES.	NÚMEROS.
Oxígeno.....	100	Magnesio.....	158,36
Hidrógeno...	12,48	Manganeso...	355,78
Azufre.......	201,16	Mercurio.....	2531,60
Azoe.........	177,02	Molibdeno....	598,52
Carbono.....	75,33	Niquel........	369,67
Aluminio....	114,14	Oro...........	2486,02
Plata.........	1350,60	Paladio.......	714,62
Bario........	856,88	Platino.......	1215,22
Bismuto.....	886,90	Plomo........	1294,50
Cadmio.....	696,76	Potasio.......	487,92
Calcio.......	256,01	Rodio.........	1501,30
Cerio.........	574,72	Sodio.........	290,89
Cobalto.....	369,00	Estroncio.....	547,28
Cobre.......	791,39	Teluro........	403,23
Estaño......	735,29	Urano........	2711,36
Hierro.......	339,21	Zinc..........	403,23
Glucinio....	220,85	Circonio......	280,02
Litio.........	127,75	Itrio..........	402,57

XXXVI. La tabla que precede no se halla completa, porque existen efectivamente algunos cuerpos simples que forman con el óxigeno compuestos ácidos, que contienen evi-

dentemente muchas proporciones de oxígeno; pero como no se conocen todavía los protóxidos de estos cuerpos, ha sido necesario tomar otra marcha para acomodar sus números proporcionales con los que están inscritos mas arriba.

Han tomado, pues, por número proporcional la cantidad del cuerpo que se halla en una cantidad de ácido, capaz de saturar otra de óxido que contenga 100 partes de oxígeno. Asi se sabe que 589,92 de protóxido de potasio que contiene 100 de oxígeno, se saturan con 942,64 de ácido clórico, y que 942,64 de ácido clórico contienen 500 de oxígeno y 442,64 de cloro; de lo cual se deduce que el número proporcional del cloro es igual á 442,64: igual método han seguido para todos los números siguientes:

NOMBRES.	NÚMEROS.
Oxígeno.	100
Boro.	271,96
Cloro.	442,64
Bromo.	932,80
Yodo.	1566,70
Fluor.	116,90
Fósforo.	196,15
Selenio.	494,58
Silicio.	277,47
Antimonio	1612,90
Arsénico.	470,12
Cromo.	351,82
Colombio.	2307,40
Titano.	389,10
Tungsteno.	1183,20

Como la densidad de los gases espresa sus pesos relativos en circunstancias iguales, puede sacarse por consecuencia, que en los cuerpos gaseosos los pesos de los átomos son proporcionales á las densidades.

Tomemos como ejemplo el oxígeno y el hidrógeno, y hallaremos: 1,1026 densidad del oxígeno : 0,0687 densidad del hidrógeno : : 100 : x suponiendo que se representa por 100 el peso del átomo de oxígeno, de donde se obtiene $\frac{100 \times 0,0687}{1,1026}$=6,23 peso del átomo de hidrógeno.

Operando del mismo modo sobre el cloro, el azoe, el yodo y el mercurio se obtienen los resultados siguientes :

	DENSIDADES.	ÁTOMOS.
Oxígeno	1,1026	100,»
Hidrógeno	0,0687	6,23
Cloro	2,470	224,»
Azoe	0,976	88,5
Yodo	8,716	790,04
Mercurio	6,976	632,90

XL. Como estos cuerpos simples son los únicos gaseosos naturalmente, ó de los que se han tomado los pesos al estado de vapor, la aplicacion inmediata de esta regla se encuentra muy limitada ; pero puede sin embargo estenderse á todos los cuerpos capaces de formar combinaciones gaseosas ó volátiles, haciendo uso del importante descubrimiento de M. Gay-Lussac. Este célebre físico ha encontrado, que en esta clase de combinaciones entran de cada uno de los componentes, volúmenes que están entre sí en relaciones muy sencillas. No se puede, pues, vacilar sino entre un pequeño número de hipótesis

sobre el volúmen del vapor que el gas compuesto contiene, y este volúmen puede ser las mas veces determinado de una manera positiva por analogías evidentes entre el cuerpo examinado y uno de los cuerpos simples arriba enumerados. Examinemos estos ejemplos.

	DENSIDAD DEL VAPOR.	ÁTOMOS.
Azufre	2,2178.	201,16
Fósforo	2,1836.	196,15
Arsénico	5,1836.	470,12
Carbono	0,414	37,66

La densidad del vapor de azufre está tomada admitiendo que el ácido hidrosulfúrico se compone de un volúmen de hidrógeno y medio de vapor de azufre. La composicion del vapor de agua nos conduce á este resultado, y la analogía que existe entre el azufre y el oxígeno bajo muchos aspectos.

La densidad del vapor de arsénico ó de fósforo se ha podido hallar por medio del gas hidrógeno protofosforado ó del gas hidrógeno arsenicado, en los cuales se admite volúmen y medio de hidrógeno y medio de fósforo ó de arsénico, por analogía con el amoniaco, que se compone de volúmen y medio de hidrógeno y medio de azoe; teniendo por otra parte el azoe, el fósforo y el arsénico las mayores relaciones entre sí.

Con respecto al carbono, como no tiene ningun análogo entre los cuerpos simples gaseosos, es preciso dejarse guiar por el conjunto de sus combinaciones. Segun la densidad antes admitida, se encuentra que:

1 vol. hidrógeno semi-carbonado { 2. vol. hidrógeno.
1. vol. vapor de carbono.

1 vol. hidrógeno carbonado { 2 vol. hidrógeno.
2 vol. vapor de carbono.

Pero si se admite como lo hace M. Berzelius, que la densidad del vapor de carbono es doble de la precedente, seremos conducidos á suposiciones poco admisibles, á saber: que

2 vol. hidrógeno semi-carbonado { 4 vol. hidrógeno.
1 vol. vapor de carbono.

1 vol. hidrógeno carbonado { 2 vol. hidrógeno.
1 vol. vapor de carbono.

Nada puede objetarse á este último resultado, pero el primero supone una clase de combinacion, de la cual no existe ejemplo.

Esta suerte de cálculos se efectúa por otra parte con la mayor facilidad. En efecto, si se tiene 2,695 para la densidad del hidrógeno arsenicado, y se admite que contiene volúmen y medio de hidrógeno, y medio de vapor de arsénico, se hallará $(2,695 \times 2) - (0,0687 \times 3) = 5,1836$, densidad del vapor de arsénico. Operando sobre éste, como lo hemos hecho para obtener el peso del átomo de hidrógeno, se obtiene 1,1026: 5,1836 : 100: x=470,12, peso del átomo de arsénico.

Se observa por otra parte, que si se conoce con precision

el peso del átomo de un cuerpo comparativamente al del oxígeno, podrá conocerse tambien la densidad de su vapor.

En este caso se tendrá, por ejemplo, 1,1026 : x : : 100 : 470,12, peso del átomo de arsénico. De donde se obtiene $\frac{470,12 \times 1,1026}{100} = 5,1836$, densidad del vapor de arsénico; pero este género de cálculo no es aplicable sino como medio de comprobacion del precedente.

XLI. Estas consideraciones son tan sencillas, que es inútil insistir en ellas por mas tiempo; pero veamos la dificultad que se presenta cuando pasamos á la aplicacion. Tomemos un litro de cloro (1) y supongamos que contiene 1000 átomos; otro litro de hidrógeno deberá contener tambien 1000, y un litro de ácido hidroclórico contendrá el mismo número. Luego

1 litro de hidrógeno....................=1000 átomos.
1 litro de cloro............................=1000 átomos.
forman 2 litros de ácido hidroclórico=2000 átomos.

Pero si advertimos que cada átomo de cloro al combinarse con otro de hidrógeno no ha podido producir sino un átomo de ácido hidroclórico, y que por lo tanto solo habrá producido 1000 átomos la combinacion que antecede, será necesario admitir que los átomos de cloro é hidrógeno se dividen en dos para formar los átomos de ácido hidroclórico. Bajo este principio, cada uno de estos últimos se compone de medio átomo de cloro y medio de hidrógeno. Iguales circunstancias se observan en el deutóxido de azoe. Veamos otro ejemplo:

---

(1) Un litro equivale á 79,877 pulgadas cúbicas españolas.

1 litro de oxígeno................=1000 átomos.
y 2 litros de hidrógeno...........=2000 átomos.
forman 2 litros de vap. de agua=2000 átomos.

Cada átomo de agua se compone, pues, de un átomo entero de hidrógeno y medio de oxígeno. El protóxido de azoe se halla en igual caso.

Por último, 1 litro de azoe..=1000 átomos.
y 3 litros de hidrógeno......=3000 átomos.
forman 2 litros de amoniaco=2000 átomos.

De donde se concluye, que cada átomo de amoniaco se compone de átomo y medio de hidrógeno y medio de azoe.

Asi, á escepcion de un pequeño número de casos muy raros, en que el volúmen de uno de los gases que entran en la composicion desaparece enteramente, siendo igual ó mayor que el del compuesto formado, es necesario admitir que los átomos de los cuerpes gaseosos son susceptibles de dividirse cuando se empeñan en sus combinaciones.

Esto es lo que admitiremos en todo el curso de esta obra, considerando como demostrado, bien sea por lo que acabamos de esponer, bien por otros motivos que haremos ver mas adelante, que el calor no divide jamás las moléculas hasta el punto que pueden hacerlo las combinaciones químicas.

De la reunion de los fenómenos conocidos, se deduce que no se puede llegar á conocer con precision el valor de esta molécula química; asi, pues, es necesario conformarse con la molécula física adquirida por los gases. Por lo demas, esta se halla en relacion sencilla con la precedente, es decir, que se forma de un grupo de moléculas químicas representado por un número entero y probablemente muy pequeño.

XLII. Llamaremos, pues, *átomos* á los grupos de moléculas químicas que existen aislados en los gases.

Los átomos de los gases simples contendrán siempre por lo tanto, un cierto número de moléculas que nos es enteramente desconocido.

Los átomos de los gases compuestos estarán formados ó bien de átomos enteros, ó bien de estos reunidos con fracciones de otros átomos, ó ya de fracciones de átomos combinadas.

Veamos si lo que se acaba de admitir para los cuerpos gaseosos es susceptible de aplicacion para los demas.

Los señores Dulong y Petit, habiendo determinado el calórico específico de muchos cuerpos simples, observaron que modificando el peso de sus átomos hasta reducirlos á la mitad, tercera ó cuarta parte, podian reducirse todos á condiciones tales, que la capacidad para el calórico en cada átomo seria la misma, cualquiera que fuera su naturaleza. De suerte que con una cantidad dada de calórico se elevarian á un número igual de grados cantidades de cada uno de los cuerpos simples, representadas por el peso de sus átomos. Nada hay mas fácil que la comprobacion de esta ley; en efecto, el número que espresa el calórico específico de un cuerpo, representa el efecto termométrico que este cuerpo, al enfriarse un grado, produciria sobre una masa igual de agua.

Representándose el cuerpo y el agua por la unidad, para obtener el efecto termométrico producido por un átomo será indispensable multiplicar el peso de este átomo por el número que espresa la capacidad para el calórico del cuerpo á que pertenece, de donde resulta la siguiente tabla:

	Calores específicos.	Peso relativo de los átomos.	Producto del peso de cada átomo por la capacidad correspondiente.
Bismuto	0,0288	1330	38,30
Plomo	0,0293	1295	37,94
Oro	0,0298	1243	37,04
Platino	0,0314	1215	38,15
Estaño	0,0514	735	37,79
Plata	0,0557	675	37,59
Zinc	0,0927	403	37,36
Teluro	0,0912	403	36,75
Cobre	0,0949	395,7	37,55
Niquel	0,1035	369	38,19
Hierro	0,1100	339,2	37,31
Cobalto	0,1498	246	36,85
Azufre	0,1880	201,1	37,80

Los productos, como se ve, son sensiblemente iguales, y esta circunstancia no puede ser debida á la casualidad. Es necesario, pues, concluir con los señores Dulong y Petit, que los átomos de todos los cuerpos simples tienen la misma capacidad para el calórico.

XLIII. ¿Pero esta ley, se refiere á los átomos físicos ó á las moléculas químicas? Esto es muy fácil de decidir. En efecto, si el calórico específico debe ser igual para las moléculas químicas, se encontrará tal vez, que estas son las mismas en los gases simples; pero se hallará tambien que diferencian en los gases compuestos.

Resulta por los recientes esperimentos hechos con el mayor cuidado por los señores de Larive, hijo, y Marcet, que

todos los gases en igualdad de volúmenes tienen la misma capacidad para el calórico. De aqui es necesario concluir, que en los gases el calórico específico es un fenómeno que se refiere á los átomos físicos sin tener relacion alguna con las moléculas químicas. Si esto es asi para los gases, la consecuencia debe estenderse á los cuerpos sólidos. En tal caso, la ley de los señores Dulong y Petit, comprenderá solamente los pesos de los grupos moleculares, análogos á los que constituyen los gases, y no los de las moléculas químicas.

Nada impedirá, pues, que en los átomos compuestos, formados por estos cuerpos sólidos, entren fracciones de átomos, del mismo modo que hemos admitido para los gases. Formando los átomos de los cuerpos sólidos segun la ley de los señores Dulong y Petit, tendremos la ventaja de seguir un sistema uniforme; y presentándose los átomos en todos los casos formando grupos, cuya tenuidad sea la mayor que puede ofrecer la divisibilidad física, serán comparables, aunque por otra parte puedan estar formados de moléculas químicas mas ó menos numerosas.

XLIV. Los cuerpos que no son naturalmente gaseosos, y que no pueden producir ninguna combinacion gaseosa, pueden sin embargo agruparse de una manera bastante probable, segun las observaciones de M. Mitscherlich. Este sabio ha observado que en una sal determinada se puede algunas veces reemplazar en su totalidad ó en parte, la base por otra base y el ácido por otro ácido, sin alterar el sistema de la forma cristalina primitiva, aunque el valor de los ángulos no sea estrictamente el mismo. Los cuerpos susceptibles de reemplazarse mútuamente los denomina *isomorfos*, y se sabe por esperiencia que estos cuerpos cuando se hallan aislados y cristalizan, presentan ordinariamente cristales iguales en la forma,

y muy aproximados en el valor de los ángulos. En muchos compuestos de esta clase de cuerpos se habia admitido antes de esta importante observacion el mismo número de átomos, y M. Mitscherlich propuso generalizar esta regla considerando todos los compuestos capaces de cristalizar del mismo modo, ó de reemplazarse en las combinaciones sin alterar las formas de estas, como conteniendo el mismo número de átomos unidos de la misma manera.

Esta proposicion podrá aclararse por algunos ejemplos. En los dos óxidos de hierro, las cantidades relativas de oxígeno para un peso dado de hierro son entre sí : : 2 : 3, por consiguiente puede admitirse que 2 ó 3 átomos de oxígeno estan unidos á 1 ó 2 de hierro. Supongamos que el hierro entre por dos átomos, y tendremos

$$\text{protóxido de hierro} = \begin{cases} 1 \text{ ato. hier.} \\ 1 \text{ ato. oxíg.} \end{cases}$$

$$\text{peróxido de hierro} = \begin{cases} 2 \text{ ato. hier.} \\ 3 \text{ ato. oxíg.} \end{cases}$$

Sentado esto, debemos admitir fórmulas análogas á la primera para el deutóxido de cobre, el protóxido de manganeso, el de cobalto, de niquel, de zinc, para la magnesia y la cal; todos estos cuerpos deben contener un átomo de metal y otro de oxígeno. En igual caso se hallan el protóxido de plomo, la barita y la estronciana. Pueden considerarse como análogos al peróxido de hierro, la alumina, el tritóxido de manganeso y el óxido verde de cromo.

XLV. La esperiencia no nos ha ilustrado todavia sobre

un gran número de metales que no se hallan comprendidos en las diversas séries precedentes.

Es necesario añadir ademas, en lo relativo al isomorfismo, que M. Mitscherlich ha demostrado que el mismo cuerpo puede ofrecer dos formas primitivas, diferentes é incompatibles, y ha probado este hecho con el azufre entre los cuerpos simples. La cal puede ser isomorfa con la estronciana y el protóxido de plomo, mientras por otra parte ofrece una forma diferente, colocándose entonces con los protóxidos de hierro, de manganeso, etc., y sirve de este modo para unir entre sí dos clases de óxidos muy diversos en apariencia.

M. Mitscherlich esplica estas variaciones singulares, suponiendo que dependen de alguna alteracion en las relaciones de las moléculas; de donde concluye que igual número de átomos combinados de la misma manera producen la misma forma cristalina; que la forma cristalina es independiente de la naturaleza de los átomos, y que solo se determina por su número y posicion relativa.

Esta circunstancia singular en la cristalizacion de los cuerpos ofrece en los resultados cristalográficos dudas, que no permiten mirar sus consecuencias negativas como absolutas. Cuando los resultados son positivos indican al químico probabilidades; pero éste no debe admitirlas sino cuando estan demostradas por un gran número de pruebas, confirmadas ademas por la analogía de las propiedades químicas.

XLVI. Comparando los pesos de los átomos admitidos por los señores Dulong y Petit, y los que resultan de las aproximaciones hechas por M. Mitscherlich, se llega á resultados contradictorios con respecto al cobalto.

En efecto, si se adoptan los pesos de los átomos inscriptos en la tabla anterior, se encuentra para los cuerpos siguientes:

Protóxido de zinc	=403 zinc	+100	oxígeno.
Protóxido de hierro	=339 hierro	+100	id.
Deutóxido de cobre	=395 cobre	+100	id.
Protóxido de niquel	=369 niquel	+100	id.
Protóxido de cobalto	=246 cobalto	+66,6	id.

Para los cuatro primeros metales es claro que la combinacion contiene un átomo de cada elemento, y debe hallarse en efecto, que los óxidos son isomorfos; mas para el último, es necesario considerar el protóxido como un compuesto de 3 átomos de cobalto y 2 de oxígeno. Esta clase de combinacion es poco probable, y ademas el compuesto, segun M. Mitscherlich, no debe ser isomorfo con los óxidos precedentes, y sucede lo contrario. Podria á la verdad creerse que el cobalto empleado por los señores Dulong y Petit contenia carbono, y que la presencia de este cuerpo aumentó su capacidad para el calórico; pero la conocida habilidad de estos dos físicos hace poco fundada esta sospecha. Sin embargo, es dificil desecharla, observando que el cobalto tendria una capacidad muy superior á la de los otros metales.

Esceptuando este solo caso, todos los otros pesos reunen en su favor un gran número de probabilidades muy notables, conviniendo ademas con el objeto de Mr. Mitscherlich, y con los fenómenos generales de la química.

XLVII. Vemos que los señores Dulong y Petit por una parte, y M. Mitscherlich por otra, han sacado de las propiedades físicas de los átomos un partido muy ventajoso para resolver la cuestion de sus pesos relativos. Existe otra propiedad que los esperimentos nos permiten observar, y cuyas consecuencias merecen ser discutidas; es el volúmen relativo de los átomos tomado en el estado sólido. Para llegar al conoci-

miento de este volúmen, basta saber por esperiencia el volúmen de agua desalojado por un peso conocido de este cuerpo Luego la densidad de cada cuerpo referida al agua, da inmediatamente este resultado, porque espresa la cantidad de cuerpo necesario para desalojar un volúmen de agua que se supone igual á la unidad en todos los casos. Para obtener el volúmen de un átomo, es suficiente una simple proporcion.

$$1.^{v} : d :: x : p \ldots x = \frac{1\,p}{d}$$

Siendo *d* la densidad del cuerpo, *p* el peso de su átomo, $\frac{p}{d}$ será pues el volúmen de agua que desalojará un átomo de este cuerpo.

XLVIII. Comparemos el volúmen del átomo de algunos metales, y empecemos por aquellos en que M. Mitscherlich ha demostrado el isomorfismo.

	Densidad.	Peso del átomo.	Volúmen del átomo.
Cobre	8,89.	395,7.	44,4.
Manganeso	8,01.	355,7.	44,4.
Niquel	8,38.	369,7.	44,1.
Cobalto	8,50.	369,0.	43,4.
Hierro	7,80.	339,2.	43,5.
Zinc	7,19.	403,2.	56,0.

Para los cinco primeros el volúmen es el mismo, ó al menos las diferencias son de tal naturaleza que se confunden con los errores de observacion. No puede decirse lo mismo del zinc, pues su diferencia es demasiado grande para poderlo atribuir á semejante causa. Busquemos otros puntos de com–

paracion para el zinc, y sean aquellos metales cuyos óxidos contienen cantidades de oxígeno en la relacion de 1 á 2 como el platino, estaño y plomo.

	Densidad.	Peso del átomo.	Volúmen del átomo.
Zinc	7,19.	403,2.	56,0.
Platino	21,5	1215,2.	56,7.
Paladio	12,2	703,7.	57,6.
Estaño	7,29.	734,2.	100,8.
Plomo	11,35.	1295,0.	114,7.

Los tres primeros ofrecen una relacion muy evidente entre sí, pero el estaño es completamente distinto. En cuanto al plomo, como el volúmen de su átomo es doble que el del platino, puede hacérsele entrar en la misma série, reduciendo el átomo á la mitad; pero en este caso se alteraria el peso que su capacidad para el calórico le atribuye. No nos ocuparemos en buscar los análogos del estaño; el títano es el único metal que ofrece con él una analogía pronunciada; pero la densidad del títano metálico es poco cierta todavia, y seria muy dificil hacer una comparacion exacta.

Continuemos esta suerte de comparaciones.

	Densidad.	Peso del átomo.	Volúmen del átomo.
Molíbdeno	8,6.	298,4.	34,5
Tungsteno	17,4.	603,8.	34,7

La identidad de volúmen es casi perfecta, y entre los metales el molíbdeno y el tungsteno son tal vez los que presentan mas propiedades comunes.

	Densidad.	Peso del átomo.	Volúmen del átomo.
Plata	10,48	675,8.	64,3
Oro	19,4	1243,0.	64,0
Rodio	11,0	750,0.	68,»
Teluro	6,115.	403,2.	65,9
Bismuto	9,88	1330,».	134,»

La pequeña diferencia que presenta el rodio, es debida tal vez á que la densidad de este metal no es sino aproximada. En los tres primeros de estos metales, las cantidades de oxígeno de sus óxidos se hallan en la relacion de 2 : 3. Hay muy poca analogía entre ellos y el teluro; pero el peso del átomo que resulta de su capacidad, hace que se le coloque en este grupo. En cuanto al bismuto, su volúmen es sensiblemente doble que el de los precedentes.

IL. Hemos admitido en todo lo dicho que el peso del átomo dividido por su densidad, da el volúmen real del átomo; pero despues de haber manifestado que los resultados asi obtenidos anuncian la existencia de una ley física importante, es necesario discutir su valor. Es muy seguro que las moléculas de los cuerpos no se hallan en íntimo contacto; por consecuencia la densidad de un sólido no es jamás absoluta, ni representa la verdadera densidad de las moléculas que le constituyen, sino mas bien la densidad media de las moléculas sólidas y del espacio vacío que dejan entre sí. De consiguiente, el volúmen del átomo deducido de la densidad, en vez de representar el volúmen real, dará este mismo volúmen, aumentado del espacio vacío que rodea al mismo átomo; es necesario, pues, tener cuenta á la vez del volúmen real y de la distancia de los átomos.

Si los átomos de los cuerpos sólidos tuvieran todos el mismo volúmen, y se halláran colocados á la misma distancia, como lo hemos admitido para los gases, es evidente que hubiéramos encontrado el mismo número en todos los casos, ó al menos números tales que dividiendo ó multiplicando el peso del átomo del cuerpo por números sencillos, vinieran á ser todos los volúmenes iguales, lo que no sucede de ninguna manera. Concluiremos, pues, que los átomos en los sólidos no son á la vez iguales en volúmen, y colocados á la misma distancia; peio si esto no es cierto de una manera general, parece sin embargo que esta ley se observa en algunos grupos tales como el oro y la plata, el tungsteno y molíbdeno, etc.

Cuando los volúmenes aparentes de los átomos no son los mismos, se ignora si es la causa en que siendo el mismo el volúmen real de los átomos, ha cambiado solo la distancia, ó si siendo la distancia la misma ha cambiado solo el volúmen, ó bien, en fin, si el volúmen y la distancia han cambiado.

Como no es posible caminar mas lejos sin entrar en hipótesis mas ó menos vagas, nos contentaremos con las observaciones precedentes que bastan para manifestar lo difícil que seria llegar por este género de consideraciones á verdades absolutas.

L. Muchos químicos ingleses, entre los cuales es necesario distinguir á M. Thomson, han admitido una relacion sencilla entre el peso del átomo de hidrógeno y el de los otros cuerpos. Siendo el hidrógeno el mas débil, los otros serian múltiplos por números muy variables y dados por la esperiencia. Bien se concibe que no existe ninguna razon conocida para que esto sea así; pero este resultado no debiera desecharse por solo este motivo, si en todos los casos la es-

periencia demostrase la verdad. Tambien se ha advertido que el peso de los átomos de algunos cuerpos coinciden de un modo admirable con este punto de vista: tales son los siguientes:

	Resultados obtenidos.	Resultados corregidos.	
Hidrógeno	6,23.	6,25.	1
Oxígeno	100, ».	100,»	16
Azufre	201,16.	200,»	32
Carbono	75,33.	75,»	12
Cloro	221,»	225,»	36
Azoe	88,63.	87,5	14
Cobre	395,7	400,»	64
Zinc	403,»	400,»	64
Mercurio	1264, ...	1250,»	200
Oro	1243,»	1250,»	200

Las correcciones por hacer en todos estos casos son demasiado leves para que la esperiencia pueda demostrar su necesidad. Es en efecto bastante dificil probar que el óxido rojo de mercurio se compone de 1250 de mercurio y 100 de oxígeno, en lugar de 1264 de mercurio y 100 de oxígeno, como lo ha establecido M. Säfstroem. Lo mismo sucede poco mas ó menos en todos los otros casos. Se concibe, por otra parte, que siendo el múltiplo variable y el peso del hidrógeno muy pequeño, todos los resultados de la esperiencia pueden ser representados de una manera aproximada, posibilidad que definitivamente nada prueba con respecto á la ley supuesta.

Todos los que se han propuesto esta clase de correcciones, han imaginado que cuanto mas sencillos eran los números,

hacian los cálculos mas fáciles. En una obra de aplicacion donde no hay necesidad de llevar los cálculos á un rigor absoluto, no debe perderse este punto de vista.

Me tomaré la licencia de simplificar los pesos de los átomos, siempre que no hayan de violentarse los resultados hallados y que pueda suponerse que la correccion sea del mismo órden que las causas de error. Me limitaré en todos los casos poco importantes á suprimir las decimales, modificando las cifras de las unidades como en los cálculos ordinarios. Cuando el peso del átomo es de mas valor que el del oxígeno, cuyo caso es el mas frecuente, las diferencias que resultan son de poca entidad, y por lo tanto despreciables; en el caso contrario seguiré el resultado de la esperiencia.

LI. La tabla siguiente da el peso del átomo de los cuerpos simples, tal cual será adoptado en todo el curso de la obra. Para los metales he admitido los números de los señores Dulong y Petit, esceptuando el cobalto; para los otros los he deducido de las analogías que me han parecido mas verosímiles, como se verá en la historia particular de cada metal.

Tabla del peso de los átomos de los cuerpos simples.

Oxígeno......	100	Oro...........	1243,00
Hidrógeno....	6,24	Osmio........	»,»
Cloro.........	221,32	Iridio.........	»,»
Bromo........	466,40	Platino.......	1215,23
Yodo..........	783,35	Rodio.........	750,65
Flur..........	116,90	Paladio.......	703,7
Azufre........	201,16	Plata..........	1350,60
Selenio.......	494,60	Mercurio.....	632,9
Azoe..........	88,52	Cobre.........	395,69

Fósforo.......	196,15	Urano........	2711,36
Arsénico.....	470,12	Bismuto......	1330,40
Boro..........	67,99	Estaño........	735,29
Silicio........	92,60	Plomo........	1294,50
Carbono......	37,66	Cadmio.......	696,77
Cromo........	351,86	Zinc..........	403,22
Molíbdeno....	596,86	Niquel........	369,75
Tungsteno...	1183,20	Cobalto.......	369,00
Antimonio....	806,45	Hierro........	339,21
Teluro........	403,22	Manganeso...	355,78
Tántalo.......	1152,87	Cerio.........	574,72
Títano.... ...	389,10	Zirconio......	420,21
Itrio..........	402,57	Estroncio....	547,30
Glucino......	331,28	Bario.........	856,93
Aluminio.....	171,66	Litio..........	127,80
Magnesio.....	158,36	Potasio.......	487,915
Calcio........	256,03	Sodio.........	290,92

§. VI.

Combinaciones de los cuerpos.

LII. Se admite en general la existencia de dos fuerzas atractivas que se ocupan en los movimientos moleculares de los cuerpos; la primera egerce su poder sobre las moléculas homogéneas, esta es la fuerza de *cohesion*; la segunda solo produce sus efectos sobre las moléculas de distinta naturaleza, esta es la de *afinidad*.

No nos ocuparemos aqui en esplicar la naturaleza de la fuerza de la cohesion; nos bastará observar que su energía se mide por el esfuerzo necesario para romper una masa de cada

sustancia, de donde se sigue que la cohesion en los gases es nula ó casi nula, que es muy débil en los líquidos y mucho mayor en los sólidos, si bien en estos últimos varía bastante.

Con respecto á la afinidad, juzgamos que no hay necesidad de admitir su existencia como fuerza particular, y nos parece que las consideraciones siguientes bastarán para demostrarlo.

LIII. Las combinaciones químicas se efectúan siempre entre las moléculas de los cuerpos. Estas moléculas son tan pequeñas, que no nos es dado poderlas percibir, y solo por esta circunstancia debemos concluir que dos cuerpos sólidos no podrán casi nunca combinarse: cualquiera que sean los medios que empleemos para reducirlos á polvo, jamás podremos dividirlos hasta el estado molecular, y la fuerza de cohesion se opondrá á los movimientos de sus moléculas respectivas, que no podrán por lo mismo colocarse convenientemente las unas con respecto á las otras para que se efectúe la combinacion.

La primera condicion que se ha de observar para que dos cuerpos obren químicamente, consiste, pues, en reducir el uno de ellos al menos al estado líquido ó gaseoso, para que prestándose sus moléculas con mayor facilidad al movimiento, se hallen dispuestas á tomar con respecto á las moléculas del otro cuerpo la posicion que conviene á la combinacion.

Muchas veces es suficiente esta condicion. En este caso la combinacion es mas rápida cuando los dos cuerpos se hallan reducidos á la vez al estado líquido ó gaseoso. La mezcla es entonces en efecto muy íntima, porque todas las moléculas se hallan libres y los movimientos moleculares son mas fáciles y prontos, porque participan de ellos igualmente las dos clases de moléculas.

LIV. Algunas veces la combinacion entre dos cuerpos no se efectúa por el simple contacto, aun cuando operemos por la intervencion del calórico, de la electricidad ó de la luz.

La electricidad no hace otro efecto las mas veces que elevar la temperatura. La accion de la luz es muy limitada y ademas poco conocida, de suerte que bastará estudiar la del calórico.

Cuando se trata de combinar simplemente dos cuerpos, la influencia del calórico se concibe facilmente, puesto que separa las moléculas de tal modo que disminuye la fuerza de cohesion; pero si á primera vista esta esplicacion parece satisfactoria, un exámen mas detenido manifiesta toda su insuficiencia. En efecto, puede en rigor aplicarse á los numerosos casos en que dos cuerpos reaccionan cuando han sido reducidos al estado líquido ; pero no da razon alguna de los efectos que se observan en una multitud de cuerpos que, sin esperimentar cambio de estado, no pueden combinarse sino al grado de calor rojo. El oxígeno y el hidrógeno ofrecen un ejemplo familiar y notable. Mezclados estos dos cuerpos permanecen sin accion, bien se les abandone á sí mismos, bien se les comprima lentamente á un grado muy elevado, mientras el calor rojo determina de repente su combinacion.

Asi el calórico egerce dos efectos distintos sobre los cuerpos que se trata de combinar: el primero consiste en disminuir la atraccion de las moléculas de la misma naturaleza, aumentando su distancia; el segundo y mas importante, en acrecentar singularmente la tendencia que las moléculas de naturaleza distinta tienen á reunirse.

No podemos, pues, esplicar los fenómenos químicos por la sola consideracion de los efectos mecánicos del calor; veamos si podemos alcanzarlos con mas facilidad estudiando los efectos de la electricidad.

LV. Tiempo hace ya que se ha sospechado entre las fuerzas eléctricas y las fuerzas químicas ordinarias, una analogía que el tiempo ha confirmado y que las consideraciones presentadas por los señores Davy, Berzelius, y sobre todo por M. Ampere, han hecho casicierta.

El primer fenómeno que ha llamado la atencion sobre este asunto, presenta en efecto una analogía singular. Siempre que las dos electricidades de nombre contrario se combinan, hay produccion de calor y las mas veces de luz. Siempre que dos cuerpos se combinan, hay tambien produccion de calor; y si la combinacion es muy enérgica, el calor desenvuelto es bastante fuerte para producir luz.

Despues se ha observado que bajo la accion de dos corrientes de electricidades contrarias todos los cuerpos compuestos se descomponen y trasforman en sus elementos; esto sucede cuando se pone un compuesto cualquiera, siempre que sea buen conductor del fluido eléctrico en contacto con los dos polos de una pila. Este cuerpo como hemos dicho se descompone, y en tanto que uno de los cuerpos que le forman se coloca al rededor del polo negativo, el otro lo efectua en el polo positivo. Parece evidente que en este caso las dos corrientes de fluido eléctrico han restituido á las moléculas la electricidad que habian perdido en el momento de su combinacion.

En fin, en el momento en que esta combinacion se efectúa hay un desprendimiento de electricidad: la misma pila nos ofrece un ejemplo de esta circunstancia. Es casi seguro que la electricidad que suministra proviene sobre todo de la accion química que se ejerce entre los ácidos que se emplean y los metales que forman la pila.

Esto basta para demostrar que el desarrollo de las fuerzas

quimícas, ya provenga de las descomposiciones, ya de las combinaciones, coincide con otro de fuerzas eléctricas. Veamos si por medio de estas últimas nos es posible esplicarlo todo, sin tener que recurrir á las primeras.

LVI. Para esto es necesario poder esplicar, por qué en el acto de la combinacion hay produccion de calor y aun de luz y electricidad, y por qué las moléculas combinadas permanecen unidas en tanto que no se hagan intervenir nuevas fuerzas. Esto se consigue fácilmente adoptando para ello las consideraciones de M. Ampere.

Concibamos desde luego que las moléculas de los cuerpos tienen una electricidad que les es propia, y de la cual no pueden separarse jamás; es evidente que estas moléculas no podrán existir en una atmósfera de fluido neutro, sin descomponer una parte de este fluido y sin hallarse rodeadas de una atmósfera de electricidad contraria á la que ellas contienen. Esto es precisamente lo que se observa en la botella de Leiden.

Será, pues, necesario concebir á cada molécula positiva como cercada de una atmósfera negativa, y á cada molécula negativa como cercada de otra positiva: admitido esto, todo lo restante es muy fácil de entender.

En efecto, cuando dos moléculas se aproximen, sus atmósferas se combinarán reproduciendo el fluido neutro. Si el poder eléctrico es muy fuerte en las moléculas, sus atmósferas estarán muy dilatadas ó muy densas, y su combinacion producirá no solamente calor, sino luz: destruidas sus atmósferas ó al menos una de ellas, las moléculas permanacerán combinadas, puesto que han conservado la electricidad que las es propia. Asi en toda combinacion habrá dos movimientos atractivos distintos; el que ejercen las atmósferas una sobre otra, y aquel que es debido á la accion de las moléculas en-

tre sí ; el primero solo es un fenómeno transitorio , el segundo es permanente.

LVII. Si puede esplicarse facilmente la estabilidad de los compuestos , del calor y la luz que acompañan á su formacion, no sucede lo mismo con el desprendimiento de electricidad que parece tambien se manifiesta constantemente durante las reacciones químicas. En efecto , bien se admita que las dos atmósferas están en proporcion conveniente para formar el fluido neutro , bien que una de ellas esté en esceso relativamente á la otra , la destruccion de las dos atmósferas ó de una de ellas deberá ser siempre completa, y efectuarse alrededor de las mismas moléculas sin dispersion sensible del fluido.

Para concebir la causa del desprendimiento de electricidad tan considerable que se observa siempre en semejantes casos, es necesario trasportarse á las mismas circunstancias del esperimento; se reduce en general á operar la combinacion de dos cuerpos en un vaso, donde se sumergen las dos estremidades de un galvanímetro. Los hilos metálicos del galvanímetro ofrecen á la electricidad un paso fácil, y en esto consiste toda la esplicacion del fenómeno. Concibamos en efecto dos moléculas electrizadas en sentido contrario y colocadas á las dos estremidades de un arco metálico: en tanto que se hallen separadas, sus atmósferas permanecerán en su sitio; pero si se aproximan lo suficiente para que la combinacion se efectúe, las atmósferas se combinan de repente, las moléculas desprovistas de su fluido tomarán del hilo una porcion de su electricidad, y se establecerá en él una corriente eléctrica que durará hasta que las moléculas se combinen. Es evidente que la molécula positiva tomará el fluido negativo en el hilo, y la negativa al contrario, el positivo.

M. Becquerel ha observado este fenómeno en las acciones químicas cuando son enérgicas, tales como las que se efectúan entre el ácido nítrico y el cobre ó el zinc; pero ha observado tambien que en las acciones mas débiles, como en las que se ejercen en las materias menos conductoras de la electricidad, el movimiento aparente del fluido en el hilo tiene lugar en sentido inverso; es, sin embargo, bastante fácil esplicar esta anomalía. Entonces, efectivamente, las atmósferas encontrarán en el hilo metálico un paso mucho mas fácil que aquel que las ofrecen las mismas materias que envuelven, y se reunirán al través del hilo en gran parte en el momento de la combinacion de las moléculas, de donde se sigue que la molécula negativa suministrará al hilo fluido positivo en vez de tomarlo, y la molécula positiva le cederá del mismo modo fluido negativo.

LVIII. Si es fácil concebir los fenómenos que pasan en la combinacion de los cuerpos, no lo es menos manifestar los que se observan en la descomposicion. Por ahora solo espondremos aquí la esplicacion de los que se efectúan en la pila, reservando á las secciones siguientes los que se refieren á los fenómenos químicos ordinarios.

Supongamos que hemos sumergido los dos polos de la pila en el agua; es evidente que las moléculas del líquido próximas á cada polo se colocarán de suerte que presenten sus moléculas positivas al polo negativo, y las negativas al positivo. Las moléculas siguientes tomarán una disposicion simétrica con respecto á las primeras, y siempre tal, que las pósitivas estarán vueltas hácia las negativas y vice-versa. Podremos, pues, representar una fila de moléculas, caminando de un polo á otro, y dispuestas de la manera siguiente:

$$- \backslash \; {}^{o}_{o}O \mid {}^{o}_{o}O \mid {}^{o}_{o}O \mid {}^{o}_{o}O \mid {}^{o}_{o}O \mid {}^{o}_{o}O \mid {}^{o}_{o}O \; / +$$

Representando por ${}^{o}_{o}$ las dos moléculas de hidrógeno, y por O la molécula de oxígeno. Es claro que en el momento en que la molécula de oxígeno que toca al polo positivo, haya tomado la electricidad positiva necesaria para constituirse una atmósfera suficiente, repelerá y será repelida por las moléculas de hidrógeno, con las que estaba combinada primitivamente; libre ya, se desprenderá: lo mismo sucederá con las moléculas de hidrógeno en el otro polo, y quedará, pues, una fila formada de esta suerte:

$$- \backslash \; {}^{o}_{o}O \mid O \mid {}^{o}_{o}O \mid {}^{o}_{o}O \mid {}^{o}_{o}O \mid {}^{o}_{o} \; / +$$

Pero este estado no podrá durar sino un instante muy corto; todas las moléculas de hidrógeno serán repelidas por el polo positivo que atrae por el contrario á las de oxígeno, y todas las de oxígeno lo serán por el negativo que atrae á las de hidrógeno. Estas dos circunstancias serán suficientes para romper el equilibrio, y todas las moléculas de agua serán descompuestas y reformadas instantáneamente. Se obtendrá, pues, esta nueva disposicion:

$$- \backslash \; O^{o}_{o} \mid O^{o}_{o} \mid O^{o}_{o} \mid O^{o}_{o} \mid O^{o}_{o} \; / +$$

Esta situacion no podrá permanecer sino durante un tiempo muy corto, á causa de la influencia permanente de los polos; lás moléculas esperimentarán media revolucion y vendrán otra vez á la posicion supuesta en primer lugar; el oxígeno se volverá hácia el polo positivo, y el hidrógeno hácia el negativo. Entonces el fenómeno empezará de nuevo y se reproducirá tantas veces cuantas moléculas haya de agua descompuesta.

Es cierto, pues, que bajo todos aspectos la teoría propuesta por M. Ampere satisface á las exigencias de los fenómenos conocidos. La electricidad de las atmósferas esplica á la vez la produccion de calor y luz que se manifiesta en las combinaciones rápidas, y el movimiento eléctrico que siempre las acompaña. La electricidad de las mismas moléculas esplica la estabilidad de las combinaciones; y en fin, los fenómenos de descomposicion se conciben fácilmente por la restitucion de las atmósferas eléctricas, en las que las moléculas libres deben estar siempre envueltas.

LIX. La única objecion que queda por resolver ha sido reproducida muchas veces, y por consiguiente merece ser discutida. En todo lo precedente hemos supuesto que las moléculas se hallan provistas de una electricidad permanente que ha de ser positiva ó negativa. No se podrá, pues, esplicar en qué consiste que una misma molécula es unas veces positiva y otras negativa en diversas combinaciones. Asi, el Cloro, el Bromo y el Iodo, son positivos con respecto al oxígeno, y negativos con respecto al hidrógeno. Esto puede entenderse con facilidad suponiendo que no existe realmente sino un solo fluido eléctrico, el positivo, y que los cuerpos electrizados negativamente lo estan solo por hallarse privados de una cantidad de fluido. Asi tomando por unidad la electricidad de la tierra

á su superficie, se tendrán moléculas electrizadas en mas ó menos de esta unidad. Nada podrá impedir entonces á la molécula medio electrizada, ser positiva con respecto á la que solo lo está una cuarta parte, y negativa con respecto á la que lo está dos, tres veces mas que el terreno.

LX. Una dificultad mas evidente se presenta en lo que sigue. El cloro es positivo con respecto al oxígeno, el uno y el otro son negativos con respecto al calcio, y por consecuencia con relacion á este cuerpo el oxígeno debe ser mas negativo que el cloro. No obstante, el cloro desaloja al oxígeno del óxido de calcio y toma su lugar. La química presenta una multitud de fenómenos semejantes, que hasta el presente estan sin esplicacion en las ideas eléctricas. Los partidarios de la afinidad esplican aquel fenómeno diciendo que el cloro tiene mas afinidad con el calcio que el oxígeno; pero esto no es mas que referir el hecho sin remontarse á la causa. Sin querer afirmar nada con respecto á este asunto, nos parece que puede hallarse en el mismo número de las moléculas ó en otros términos, en las cantidades absolutas de electricidad que contienen. Así en el ejemplo que nos ocupa:

1 molécula de cloro es positiva, con respecto á 2, 2 $\frac{1}{2}$, 3 $\frac{1}{2}$ moléculas de oxígeno.

2 moléculas de cloro son negativas relativamente á una molécula de oxígeno.

En efecto, en el óxido de cloro, el ácido clórico y el ácido perclórico, cada molécula de cloro está combinada respectivamente con 2, 2 $\frac{1}{2}$, 3 $\frac{1}{2}$ moléculas de oxígeno; y en la descomposicion del óxido de calcio por el cloro, cada molécula de oxígeno es reemplazada por dos moléculas de cloro. Por consecuencia si se representa por 2, la electricidad negativa del oxígeno, y por 3 la del cloro, se tendrá para los óxidos de

cloro 3 contra 4, 5 y 7, el cloro será en este caso positivo. Si por el contrario se comparan dos moléculas de cloro y una de oxígeno, se tendrá 6 contra 2, y el cloro será negativo.

Para que esta esplicacion fuera satisfactoria, era necesario que todos los fenómenos de este género fuesen constantes, y esto es precisamente lo que no sucede. En efecto, el cloro no siempre desaloja al oxígeno, aun cuando dos moléculas de aquel reemplacen una sola de este. Tal es el caso en que el cloro ejerce su accion sobre el óxido de aluminio, el ácido silícico, el ácido bórico, etc.

Es necesario por lo tanto admitir que las relaciones eléctricas no son las únicas que influyen en las reacciones químicas, y que en ciertos casos el número de las moléculas, su posicion relativa y tal vez otras circunstancias mas, pueden introducir en los fenómenos modificaciones que todavia no se pueden ni prever ni esplicar, y que la esperiencia solamente nos enseñará á conocer.

§ VII.

De los cuerpos compuestos.

LXI. La restriccion que acabamos de hacer en la seccion precedente, debe aplicarse tambien á las ideas que nos restan esponer; pero no debe impedirnos el reunir al lado de la teoría eléctrica, los numerosos fenómenos que permite prever ó esplicar.

Admitiendo que la estabilidad de las combinaciones es debida á la reaccion de las electricidades de nombre contrario, propias de las moléculas de los cuerpos, es evidente que esta estabilidad será variable, y con respecto á esto la esperiencia

manifiesta en efecto diferencias prodigiosas entre las diversas clases de compuestos. Veamos si con el auxilio de la teoría se pueden prever los fenómenos que la esperiencia ha demostrado.

Las moléculas que mas difieran en su estado eléctrico, serán tambien las que ofrezcan las combinaciones mas estables. Este principio fundamental se halla confirmado por la esperiencia.

En una série cualquiera de combinaciones, las que se efectúan átomo por átomo, deben ser generalmente las mas estables. Efectivamente, cuando un compuesto contiene muchas moléculas semejantes, ejercen una sobre otra una accion repulsiva que tiende á destruir el compuesto ó al menos á disminuir su estabilidad.

Asi las combinaciones

	de 1 átomo	por 1	serán las mas estables.
las	de 2 át.	por 1	lo serán menos.
	de 3 át.	por 1	todavia menos.
	de 4 5 ó 6	por 1	todavia menos.

Consideremos un ejemplo:

2 át. azoe + 1 át. oxígeno = protóxido de azoe.
1 át. azoe + 1 át. oxígeno = deutóxido de azoe
1 át. azoe + 2 át. $\frac{1}{2}$ oxíg. = ácido hiponitroso.
1 át. azoe + 2 át. oxígeno = ácido nitroso.
1 át. azoe + 2 át. $\frac{1}{2}$ oxíg. = ácido nítrico.

Dejando á un lado el ácido nitroso, cuya composicion es equívoca, es claro que el deutóxido de azoe es de todos estos compuestos el que resiste mejor á la accion de los otros cuer-

pos, y por consecuencia el mas estable de todos. En efecto, una multitud de materias pueden estraer del ácido nítrico la cantidad de oxígeno suficiente para trasformarle en deutóxido de azoe, sobre el cual ya no tienen accion. El ácido hiponitroso es tan poco estable, que no se le puede obtener aislado. En fin, entre el protóxido y el deutóxido de azoe se observa una diferencia que no se podria entender sin recurrir á los principios precedentes, y que admitiéndolos viene á ser por el contrario una de sus consecuencias inmediatas.

Efectivamente, el protóxido de azoe contiene un volúmen de azoe y medio de oxígeno, condensados en un solo volúmen; el deutóxido contiene medio volúmen de oxígeno y medio de azoe y forman tambien un solo volúmen, donde se observa que con respecto á los otros cuerpos el uno y el otro ofrecen el oxígeno en el mismo grado de densidad. Sin embargo, el deutóxido de azoe apaga la luz de las bugías, y el protóxido alimenta la combustion casi tan bien como el oxígeno puro. Esta diferencia se entiende muy bien cuando se admite que la adicion de la molécula de azoe, necesaria para trasformar el deutóxido en protóxido, disminuye la estabilidad del compuesto por la repulsion que las moléculas de azoe ejercen una sobre otra, lo mismo que se disminuye en el ácido nítrico por la repulsion que las moléculas de oxígeno egercen entre sí.

Se admite en el dia que los deutóxidos de cobre y de mercurio contienen un átomo de metal por un átomo de oxígeno, mientras en sus protóxidos hay dos átomos de metal por uno de oxígeno. Segun esto, estos protóxidos deben ser menos estables que sus deutóxidos. La verdad es, que el protóxido de mercurio no ha podido ser aislado jamás, y que el protóxido de cobre bajo la influencia de los ácidos se trasforma casi siempre en deutóxido y en metal.

Lo mismo sucederá con los peróxidos que contienen muchos átomos de oxígeno para un átomo de metal. La repulsion de las moléculas de oxígeno determinará su trasformacion al estado de protóxidos á cada átomo, quedando en libertad los átomos escedentes de oxígeno. Esto se observa sobre todo con los peróxidos alcalinos que la accion del agua solamente trasforma en protóxidos, dejando el oxígeno escedente en libertad.

LXII. No debemos creer por esto, que las combinaciones de átomo por átomo sean las mas estables, porque si asi fuera, el problema de la teoría atómica estaria ya resuelto. Pero la teoría, de acuerdo con la esperiencia, indica bastante que es necesario tener presente las cantidades relativas de electricidad en las moléculas : así se hallará que las combinaciones mas constantes son aquellas donde las electricidades respectivas estan mejor disimuladas , y que por otra parte se forman átomo por átomo; de donde se sigue que si se necesitan dos átomos de un cuerpo para neutralizar la electricidad de un átomo de otro, el compuesto así formado podrá ser mas estable que otro que lo esté átomo por átomo. De suerte que solo puede inferirse de lo que precede, que segun las circunstancias las combinaciones mas estables serán las de un átomo á 1, de 2 á 1 ó de 2 á 3 , sin que pueda adivinarse con certeza á cuál de estas categorías pertenece el compuesto producido.

Es por otra parte evidente que si en vez de fijar la atencion sobre los compuestos binarios se consideran los ternarios, los fenómenos se hallarán los mismos. En efecto; incorporando cloro á un óxido, iodo á un sulfuro etc., estamos en el mismo caso que si se hubiera añadido oxígeno al óxido y azufre al sulfuro, puesto que el cloro y el oxígeno,

el iodo y el azufre son todos negativos con respecto al metal, y por consecuencia repulsivos entre sí.

LXIII. Es necesario distinguir cuidadosamente este caso del que se presenta cuando dos compuestos binarios se combinan. Entonces la estabilidad debe las mas veces aumentarse en virtud de la consideracion siguiente. No puede creerse que en un compuesto de este género tomen las moléculas una disposicion indiferente, deben por el contrario disponerse siempre de tal modo que los átomos electrizados en sentido contrario se encuentren en presencia unos de otros.

+00−
−00+

La figura arriba indicada, da una idea de este género de combinacion.

Hallandose los átomos electrizados en sentido contrario, los mas próximos, y los otros mas distantes, las fuerzas atractivas deben realmente aumentarse, aun cuando las repulsivas se hallen reunidas.

Todas las sales son compuestas de este género, y la esperiencia prueba que en las sales se aumenta la estabilidad del ácido y de la base. Asi, el ácido sulfúrico libre se descompone al calor rojo, mientras que combinado con la potasa, la sosa, la cal, etc., resiste á la temperatura mas elevada que puede producirse. Del mismo modo, el óxido de plata que se reduce antes de llegar al calor rojo, puede resistir á una temperatura muy elevada, una vez combinado con el ácido borico ó fosfórico,

Es tambien posible que las nuevas fuerzas atractivas sean bastante enérgicas para terminar la produccion de nuevos

compuestos binarios, que se separan entonces, si su propia constitucion lo permite.

La repulsion que las moléculas electrizadas del mismo modo ejercen una sobre otra, y que nos ha servido para esplicar con mayor claridad los efectos que se observan en la formacion de los compuestos múltiplos, va á servirnos tambien para esplicar los que se manifiestan entre dos cuerpos que contienen un esceso de moléculas semejantes. Estos cuerpos tienen una tendencia á descomponerse mútuamente, por razon de esta accion repulsiva.

Efectivamente, asi es como se puede comprender la accion de los ácidos sobre muchos peróxidos, que pierden bajo su influencia una porcion del oxígeno que contienen. Asi es tambien como puede concebirse la accion tan particular y notable del agua oxigenada sobre ciertos óxidos. Este compuesto pierde por el contacto del óxido de plata, por ejemplo, la mitad de su oxígeno, vuelve al estado de agua, desaloja el oxígeno del óxido y le reduce al estado metálico. Cuando se considera este simple hecho con las antiguas ideas de la afinidad es incomprensible, en tanto que con las de la electricidad puede en algun modo preverse.

En fin, si se mira bajo este nuevo aspecto la influencia descomponente de la electricidad, se podrá concebir facilmente en qué consiste que el tiempo puede suplir á la potencia. En efecto, si las moléculas de un compuesto se someten á una accion fuerte, esperimentarán cambios de situacion precipitados é instantáneos, y la descomposicion se efectuará en algunos minutos. Si por el contrario la accion es débil, los movimientos moleculares no podrán efectuarse con rapidez; pero siempre que sea contínua, las moléculas tomarán con el tiempo la situacion conveniente y la descomposicion se efectuará sin

embargo. Asi es como M. Becquerel ha llegado á descomponer cuerpos bastante estables empleando fuerzas sumamente débiles, pero cuya influencia ha prolongado durante muchos meses.

§. VIII.

Reaccion de los cuerpos unos sobre otros.

LXIV. Para entender estas reacciones será necesario establecer la série de las relaciones eléctricas que deben existir entre los cuerpos simples, pero distamos mucho de poderlo hacer con certidumbre. Nos contentaremos con indicar que el hidrógeno es positivo con respecto á todos los cuerpos, y que las demas sustancias simples no metálicas son negativas con respecto á los metales.

Compararemos mas adelante los cuerpos no metálicos entre sí, y se hallarán en los tomos siguientes séries á propósito para ofrecer algunas generalidades de la misma clase respecto á los metales.

LXV. Las reacciones que los cuerpos ejercen unos sobre otros, se pueden dividir del modo siguiente:

1.° La combinacion de dos cuerpos simples.

2.° La descomposicion de un compuesto binario por un cuerpo simple.

3.° La descomposicion recíproca de dos compuestos binarios.

Es evidente que este cuadro podrá comprender tambien las reacciones de los cuerpos compuestos, siempre que estos obren en masa, porque entonces harán precisamente el mismo papel que los cuerpos simples.

Examinemos sucesivamente estos diversos casos.

LXVI. La combinacion de dos cuerpos simples presenta fenómenos que ya se hallan descritos (56) y discutidos lo suficiente para no volver á ocuparnos de ellos. En el mismo caso se halla la combinacion de dos cuerpos binarios (58), de los cuales hemos dado antes una nocion suficiente.

Vamos á estudiar, pues, los fenómenos de la descomposicion de un cuerpo por otro. Esto puede ofrecer muchos casos sobre los cuales vamos á presentar algunas ideas generales. El mas sencillo de todos es el que hemos indicado al hablar de la accion del cloro sobre la cal (59); y en efecto, no puede hallarse ninguna dificultad en la esplicacion de esta clase de fenómenos. Cuando se somete el óxido de calcio á la accion del cloro, el oxígeno es desalojado; el cloro se apodera del metal, y forma el cloruro de calcio. Si por otra parte se hace obrar el oxígeno sobre el cloruro de calcio, su efecto será nulo, cualquiera que sean las circunstancias en que se coloquen. Lo mismo se verifica en la accion del iodo sobre el protóxido de potasio, etc. Asi puede decirse que el cloro es mas negativo que el oxígeno con respecto al calcio, de modo que á medida que las moléculas de cloro se aproximan á las moléculas del óxido, se apoderan del metal y repelen el oxígeno. Las moléculas de este último cuerpo, quedando en libertad, vuelven á tomar su estado gaseoso, mientras el cloro se une al metal que se halla libre. Todos los fenómenos que consisten simplemente en desalojar un cuerpo del compuesto, pueden entenderse de la misma manera.

No puede esplicarse de esta suerte la accion del azufre sobre los óxidos, y la del oxígeno sobre los sulfuros, por ejemplo. Sabemos positivamente que el oxígeno es mucho mas negativo que el azufre; asi el azufre no puede estraer el oxí-

geno de sus combinaciones sino por medio de reacciones complicadas; por esto cuando se hace obrar el azufre sobre el óxido de cobre, se forma el sulfuro de este metal, pero al mismo tiempo hay un desprendimiento de ácido sulfuroso. Aqui se observa que el azufre se presenta á la combinacion como negativo con respecto al metal, y positivo para el oxígeno, y que el concurso de estas dos acciones le han permitido destruir una combinacion que hubiera resistido á cada una de ellas, considerada aisladamente. Este es absolutamente el mismo efecto que se observa en una multitud de casos, en los que la accion de un cuerpo sobre un compuesto queda nula, en tanto que no sea ayudada por la de otro cuerpo que haga un papel inverso del primero. Asi el cloro no tiene accion sobre ciertos óxidos, es decir, que el cloro por sí solo no puede desalojar el oxígeno; pero si se incorpora carbon, la accion tendrá lugar, porque en este caso el carbon se apodera del oxígeno, de suerte que los óxidos que el carbon y el cloro separadamente no podrian descomponer, son constantemente descompuestos por una mezcla de los dos. La sílice, la alumina y el ácido borico se hallan en este caso. Los óxidos que resisten á la accion del azufre solo, se descomponen por una mezcla de azufre y de carbon; tales son el óxido de títano y algunos otros.

LXVII. Comprendido esto, no será dificil concebir que la accion podrá tambien hallarse favorecida por una circunstancia inversa. Cuando se hace obrar el oxígeno sobre un sulfuro, por ejemplo, se forma las mas veces ácido sulfuroso y un óxido metálico. Hace, pues, el oxígeno á la vez el papel negativo con respecto al azufre y al metal, y esta doble accion favorece la descomposicion del sulfuro. De esta suerte puede esplicarse por qué el cloro descompone todos los ioduros,

mientras el oxígeno apenas puede destruir algunos de ellos. Operando como se hace ordinariamente, el oxígeno no puede combinarse con el iodo, y el cloro, por el contrario, puede muy bien efectuarlo siempre. Asi el oxígeno no ejerce sobre estos ioduros sino un efecto simple, y el cloro produce siempre una accion doble.

En todo lo que acabamos de decir, no hemos considerado sino á los cuerpos simples gaseosos obrando sobre los sólidos: los fenómenos serán diferentes si la accion se efectúa entre dos líquidos; pero como esto se aplica á los cuerpos compuestos sobre todo, supondremos que se opera sobre ellos.

Si teniendo una sal en disolucion se añade un ácido, es probable que las moléculas del ácido se dirigirán al lado donde se hallan las moléculas de la base que hace parte de la sal. De esta manera se obtendrá una especie de sal con doble ácido, es decir, una sal cuya base será atraida de ambos lados por dos ácidos diferentes, que por otra parte se repelen mútuamente. Si la cantidad de agua empleada en la disolucion es bastante grande y los dos ácidos son muy solubles, no se advertirá señal alguna que anuncie se ha efectuado ningun cambio en la constitucion de los cuerpos empleados. Asi, cuando se incorpora ácido nítrico á un sulfato ó ácido sulfúrico á un nitrato, con tal que estas materias esten muy dilatadas en agua, no habrá indicio alguno de que hayan esperimentado la mas leve alteracion.

Esto nace de que realmente la descomposicion no ha tenido lugar, y de que se establece un estado de equilibrio entre las moléculas de la base y las de los dos ácidos, que permanece ínterin no se hace intervenir una nueva fuerza; pero si el ácido de la sal es gaseoso y el otro fijo, la descomposicion se efectuará, porque las moléculas del ácido gaseoso serán

repelidas á bastante distancia de la base, para que el débil esfuerzo que tiende á reunirlas no pueda contrarestar su elasticidad natural. Por otro lado, si la sal contiene un ácido sólido é insoluble en el agua, la separacion se efectuará tambien, porque las moléculas del ácido estarán solicitadas á reunirse por la fuerza de cohesion, que bastará para destruir la ligera influencia conservada por la base.

Asi puede esplicarse en qué consiste que el ácido borico, por ejemplo, puede permanecer algunas veces sin efecto sobre los nitratos, asi como el ácido nítrico sobre los boratos, mientras que bajo otras condiciones el ácido borico descompondrá los nitratos, del mismo modo que el ácido nítrico podrá á su vez descomponer los boratos. Asi, si se mezcla ácido nítrico con una disolucion caliente de borato de potasa, el efecto parecerá nulo, porque el ácido nítrico será retenido por el agua y el ácido borico tambien; pero si se deja enfriar la disolucion, se formará un depósito de ácido borico, y el licor contendrá nitrato de potasa: siendo el ácido borico poco soluble en frio, la cohesion de sus moléculas ha podido intervenir con éxito. Si despues de producido el efecto se somete el líquido á la evaporacion sin separar el ácido borico, al momento se observa que el ácido nítrico se desprende en vapores y se vuelve á formar el borato de potasa; porque entonces el ácido nítrico que es volátil, y el ácido borico que es fijo, se encuentran en condiciones opuestas al caso precedente. En efecto, nada puede solicitar la separacion del ácido borico, mientras que la tension de las moléculas del ácido nítrico sea capaz de vencer el esfuerzo que hace la potasa para retenerlos.

Se pueden representar estos tres casos de la manera siguiente:

En disolucion caliente.			Fria.			Por evaporacion.		
−	+	−	−	+	−	−	+	−
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
+	−	+	+	−	+	+	−	+
ácido borico.	potasa.	ácido nítrico.	ácido borico.	nitrato de potasa.		borato de potasa.		ácido nítrico.

Es decir de una manera general, que en las reacciones entre los líquidos no puede manifestarse efecto sensible, sino cuando uno de los cuerpos pierde el estado líquido, pasando al estado de fluido elástico, ó bien solidificándose.

LXVIII. El género de fenómenos que estudiamos aqui, comprende algunos que nos basta enunciar para hacer ver toda su importancia. Al calor rojo el hidrógeno tiene la propiedad de reducir el óxido de hierro, produciendo agua y convirtiendo el hierro al estado metálico. A la misma temperatura el hierro descompone el agua, da por resultado óxido de hierro y gas hidrógeno que se desprende. Esto nos presenta dos efectos invertidos. El agua asimismo descompone el carbonato de potasa, forma hidrato de potasa y se desprende el ácido carbónico, mientras que el ácido carbónico descompone el hidrato de potasa, reproduce el carbonato y desaloja al agua.

No podemos esplicar estos hechos por el estado volátil ni fijo de uno de los cuerpos, siendo las circunstancias las mismas por una y otra parte; pero es facil observar que solo se

verifican cuando los cuerpos que reaccionan se hallan muy aproximados por su energía eléctrica. Por otra parte, las relaciones de temperatura entre los dos cuerpos en accion distan mucho de ser las mismas. Asi, el hierro al calor rojo descompone el vapor de agua que está muy lejos de tener esta temperatura cuando se deposita sobre el metal; el óxido de hierro al calor rojo tambien es descompuesto por el hidrógeno, y este cuerpo no puede tener una temperatura tan alta cuando viene á contacto con el óxido. Es necesario admitir por lo tanto que la elevacion de temperatura aumenta las propiedades eléctricas de los cuerpos hasta el punto de hacer al hierro caliente mas positivo con respecto al oxígeno frio, que no el hidrógeno cuando se hallan á la misma temperatura; mientras por otra parte el oxígeno caliente es mas negativo con respecto al hidrógeno frio que con respecto al hierro en igualdad de temperatura. Todo lo que se advierte en la influencia del calor sobre las propiedades eléctricas de los cuerpos conviene bastante con esta esplicacion.

LXIX. Solo nos quedan por esponer los fenómenos de doble descomposicion; sus hechos son tan sencillos, que nos limitaremos á examinar dos casos, que serán la accion recíproca de dos compuestos binarios, y la accion de las sales unas con otras.

Ya hemos dicho que dos cuerpos binarios colocados en presencia uno de otro, deben disponerse de tal suerte que sus moléculas de electricidad contraria se aproximen mútuamente; de modo que no tenemos que ocuparnos sino en el exámen de las circunstancias que pueden determinar la reunion de los elementos bajo una nueva forma.

+	−	+	−	+	−	+	−
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
−	+	−	+	−	+	−	

Aqui pueden distinguirse cuatro fenómenos principales: ó bien los dos compuestos se unen pura y sencillamente formando un compuesto salino, ó se aproximan sin formar union estable, ó ya se descomponen mútuamente, ó bien, en fin, el cuerpo negativo del uno se une al positivo del otro, quedando en libertad los otros dos elementos. Las cuatro figuras precedentes esplican estos diversos casos.

Admitamos por un momento que todos los compuestos que pueden resultar de la accion recíproca de los elementos de dos cuerpos binarios sean solubles los unos en los otros, es evidente que no se sabrá cuál de estos tres primeros es el que se ha realizado. Tomemos, por ejemplo, el agua y el cloruro de sodio, y advertiremos que una disolucion acuosa de este último cuerpo puede ser considerada como una combinacion de cloruro de sodio y agua, ó como una simple mezcla de estos dos cuerpos, ó bien, en fin, como una combinacion de ácido hidroclórico y de protóxido de sodio, sin que por esto hayan cambiado en la disposicion relativa de las moléculas.

Hidrógeno.	oxíg.	Hidróg.	oxíg.	Hidróg.	Oxíg.
Cloro.	Sodio.	Cloro.	Sodio.	Cloro...	Sodio.

La disposicion indicada en estos tres cuadros manifiesta que bien se efectúe la combinacion, bien que esta no tenga lugar ó bien que haya una descomposicion recíproca, la colo-

cacion de las moléculas permanecerá la misma, ínterin no intervengan nuevas fuerzas. Estas fuerzas serán la cohesion ó la tendencia á pasar al estado gaseoso. Efectivamente, si una de las combinaciones posibles es sólida é insoluble en las otras, la cohesion de sus moléculas determinará su separacion, asimismo si una de estas combinaciones posee en las circunstancias del esperimento una fuerza elástica superior á la presion de la atmósfera, tomará el estado gaseoso.

Por lo dicho, puede admitirse que el cloruro de fósforo y el agua puestos en contacto se combinan formando un hidrato, ó se disuelven sin combinarse, ó bien se descomponen formando ácido hidroclórico y ácido fosforoso. Todo esto viene á ser lo mismo.

El cloruro de silicio, por el contrario, descompondrá el agua, porque el ácido silícico es insoluble, y se formará ácido hidroclórico que quedará disuelto, y ácido silícico que se depositará.

El azoturo de potasio descompondrá el agua igualmente, se formará amoniaco, que tomará el estado gaseoso si se ha empleado poca cantidad de agua, y protóxido de potasio que quedará disuelto.

Puede decirse, pues, que cuando dos cuerpos al descomponerse mútuamente dan lugar á dos compuestos susceptibles de unirse, no puede tenerse por seguro que la reaccion se haya efectuado. Cuando al contrario, los dos compuestos formados son ácidos ó alcalinos, se manifiesta las mas veces la descomposicion, y para mayor sencillez la admitiremos siempre.

Los tres primeros casos se encuentran ya definidos; pasemos al cuarto. El cloruro de azufre y el amoniaco nos ofrecen un ejemplo. Este compuesto se produce por la accion re-

cíproca del ácido hidroclórico, el azoe y el azufre. En este caso particular, está probablemente determinada la accion por la cohesion del azufre. Todos los fenómenos de este género se esplican de un modo análogo.

LXX. La accion mútua de las sales es sumamente facil de comprender. Si se mezclan dos disoluciones salinas observaremos uno de los tres fenómenos siguientes: ó bien nada de apreciable, como en el *nitrato de potasa y sulfato de sosa*, ó la formacion de una sal doble como en el *sulfato de potasa y sulfato de alumina*, ó bien en fin, una doble descomposicion como en el *nitrato de barita y sulfato de sosa.* Es evidente que siempre nos hallamos en el mismo círculo de ideas. Cuando se mezclan dos sales, sus moléculas electrizadas de diverso modo se encuentran en presencia unas de otras, y es indiferente formar la línea de separacion de los grupos moleculares, en uno ú otro sentido. Por lo cual, la insolubilidad ó elasticidad de uno de los compuestos posibles determina por sí sola la separacion.

Asi, si se mezclan dos disoluciones, una de carbonato de amoniaco y otra de sulfato de cal, se formará carbonato de cal y sulfato de amoniaco, porque la primera de estas sales es insoluble. Si, por el contrario, se mezclan sulfato de amoniaco y carbonato de cal secos, y se calienta la mezcla hasta el grado de calor rojo, se formará carbonato de amoniaco y sulfato de cal, porque la primera de estas sales es volátil.

Esto basta para la inteligencia de los hechos espuestos en este tomo. A la cabeza de los tomos siguientes se hallará desenvuelto lo relativo á las reacciones del agua, á la accion recíproca de las sales, y en fin, á las modificaciones particulares que parece esperimentan los cuerpos en los compuestos de naturaleza orgánica.

§. IX.

Exámen general de los cuerpos no metálicos.

LXXI. Estos cuerpos son doce, á saber: azoe, azufre, boro, bromo, carbono, cloro, fluor, hidrógeno, iodo, oxígeno, selenio y silicio.

Tres de estos cuerpos son sólidos é incapaces de fundirse ni volatilizarse aun á la temperatura mas elevada; estos son el carbono, el boro y el silicio.

Otros tres son tambien sólidos á la temperatura ordinaria, pero se funden y volatilizan fácilmente; estos son el iodo, el selenio y el azufre.

Uno hay solamente líquido á la temperatura ordinaria; este es el bromo.

Cuatro son gaseosos, á saber: el azoe, el cloro, el hidrógeno y el oxígeno; de entre estos el cloro solamente ha podido pasar al estado líquido por la presion.

El fluor, en fin, no ha podido obtenerse aislado.

Entre estos cuerpos puede distinguirse el hidrógeno por ser siempre positivo con respecto á los demas.

En cuanto á estos se los clasifica muy fácilmente, tomando por punto de partida sus combinaciones con el hidrógeno.

Asi, el fluor, el cloro, el bromo, el iodo, el selenio y el azufre forman ácidos, combinándose con el hidrógeno.

El oxígeno combinado con el mismo cuerpo, produce un compuesto esencialmente indiferente; este es el agua.

El azoe, el fósforo, el arsénico y el carbono forman con

el hidrógeno álcalis ó al menos unos cuerpos que se aproximan á este estado.

En fin, el boro y el silicio no han podido hasta el presente combinarse con el hidrógeno.

LXXII. Manifestaremos aqui un resúmen de los caractéres dominantes de cada uno de los grupos que pueden establecerse segun esta consideracion.

Hidrógeno.

Fluor.. Cloro.. Bromo.	½ át. de cada uno de estos cuerpos y ½ át. de hidrógeno, forman 1 át. de ácido.

Iodo.

Selenio. Azufre..	½ át. de cada uno de estos y 1 át. de hidrógeno forman 1 át. de ácido.
Oxígeno.	½ at. de este cuerpo y 1 at. de hidrógeno, forman 1 at. de agua, cuerpo esencialmente indiferente.
Azoe..... Fósforo.. Arsénico.	½ át. de cada uno de estos y 1 ½ át. de hidrógeno, forman 1 át. de un cuerpo gaseoso básico.
Boro..... Silício...	Estos no han sido combinados con el hidrógeno.
Carbono.	2 át. de este cuerpo y 2 át. de hidrógeno, forman 1 at. de un cuerpo gaseoso básico.

Los cuerpos contenidos en cada uno de estos grupos presentan analogías muy notables, que debemos considerar con detencion.

Combinándose con el hidrógeno el fluor, el cloro, el bromo y el iodo, forman cuatro ácidos análogos por la composicion y dotados de una multitud de propiedades comunes. El fluor no ha sido combinado con el oxígeno ; pero el cloro, el bromo y el iodo forman con él ácidos que se componen de un átomo de cada uno de estos cuerpos, y de dos átomos y medio de oxígeno. Estos ácidos son bastante notables por la facilidad con que ceden el oxígeno á muchas sustancias. Todas las combinaciones formadas por estos cuatro cuerpos simples son isomorfas.

El selenio, el azufre y ademas sus combinaciones análogas con el hidrógeno, forman uno y otro dos principios ácidos oxigenados: el uno es formado por un átomo del radical y dos de oxígeno ; el otro por un átomo del radical y tres de oxígeno. Estos dos cuerpos simples producen siempre compuestos isomorfos.

El oxígeno no se asemeja absolutamente á ninguno de los cuerpos no metálicos. Aquel á quien mas se aproxima es el azufre; pero se diferencia de este cuerpo en que no puede formar ningun ácido con el hidrógeno, y sobre todo , en que es negativo con respecto al cloro, al bromo y al iodo, mientras estos cuerpos son negativos con respecto al azufre.

El azoe, el fósforo y el arsénico se asemejan mucho, bien sea por los compuestos que forma con el hidrógeno , bien por los que producen cuando se combinan con el oxígeno. El azoe forma con el hidrógeno un álcali poderoso, el fósforo un cuerpo básico y el arsénico un cuerpo que tambien lo es probablemente; pero aun no tenemos de ello pruebas positivas. El oxígeno produce con cada uno de ellos ácidos muy fuertes, formados de un átomo de radical para uno y medio y dos y medio de oxígeno; pero el azoe se diferencia del fósforo

y el arsénico, en que sus ácidos saturan una cantidad de base dos veces menor que los de los otros. El fósforo y el arsénico, por el contrario, son perfectamente análogos bajo todos aspectos, y producen siempre compuestos isomorfos.

El boro y el silicio tienen tambien muchas analogías; pero se diferencian por algunas circunstancias esenciales. Los compuestos que forman con el fluor y el cloro, aunque se hallan dotados de muchas propiedades comunes, no tienen la misma composicion atómica.

El carbono se diferencia de todos los demas por muchas circunstancias esenciales. Efectivamente, este cuerpo es buen conductor de la electricidad y del calórico, y se confunde en esta propiedad con los metales, de los cuales no se diferencia verdaderamente sino por su trasparencia cuando se halla al estado de diamante. Se separa ademas de los cuerpos no metálicos por los caractéres propios á las combinaciones que forma con el cloro, el azufre, etc. Dejando á un lado el hidrógeno, el oxígeno y el fluor, vemos que el cloro forma con el bromo, el boro, el iodo, el selenio, el azufre, el fósforo, el arsénico y el silicio, cuerpos que descomponen el agua evidentemente, dando orígen al ácido hidroclórico por una parte, y por otra á los ácidos oxigenados de bromo, iodo, etc. El carbono por el contrario forma diversos cloruros que no tienen accion sobre el agua. El cloruro de azoe participa tambien de esta propiedad, lo que podria indicar cierta analogía entre el carbono y el azoe, si estos dos cuerpos no estuvieran tan separados por lo restante de sus propiedades.

Entre los cuerpos no metálicos, el carbono parece se aproxima en lo posible al silicio y al boro por su infusibilidad, por su permanencia al fuego y por ser insoluble en todos los reactivos conocidos. No puede muy bien separarse el silicio

y el boro por un lado, y por otro el silicio y el carbono, presentando ambos la facultad de convertir el hierro en acero, cúyo carácter manifiesta entre ellos una similitud muy marcada.

Todas estas circunstancias permiten por lo tanto admitir la clasificacion siguiente:

1.º Género. Hidrógeno.
2.º Género. Fluor, Cloro, Bromo, Iodo.
3.º Género. Selenio, Azufre, Apéndice, Oxígeno.
4.º Género. Fósforo, Arsénico, Apéndice, Azoe.
5.º Género. Boro, Silicio, Apéndice, Carbono.

LXXIII. Examinemos ahora las relaciones eléctricas de estos diferentes cuerpos entre sí. Ya hemos hecho observar que el órden de una série de cuerpos era variable segun los casos. En consecuencia de esto, vamos á disponer en seguida de cada cuerpo no metálico, todos aquellos con los cuales se le ha podido combinar en el órden de su mayor energia electro-negativa, relativamente á él.

Hidrógeno.—Fluor, Cloro, Oxígeno, Bromo, Iodo, Selenio, Carbono, Fósforo, Arsénico, Azoe.
Boro ....—Fluor, Cloro, Oxígeno, Azufre.
Silicio .....—Fluor, Cloro, Oxígeno, Azufre.
Carbono...—Oxígeno, Cloro, Iodo, Azufre, Azoe.
Arsénico...—Oxígeno, Fluor, Cloro, Bromo, Iodo, Selenio, Azufre, Fósforo.
Fósforo....—Oxígeno, Fluor, Cloro, Bromo, Iodo, Selenio, Azufre.
Selenio ....—Oxígeno, Cloro, Bromo, Iodo, Azufre.
Azufre.....—Oxígeno, Cloro, Bromo, Iodo, Selenio.
Azoe.......—Cloro, Iodo, Oxígeno.
Iodo........—Oxígeno, Cloro, Bromo.

Bromo...—Cloro, Oxígeno.
Cloro....—Oxígeno.
Fluor....—Ningun cuerpo conocido.
Oxígeno.—Ningun cuerpo conocido.

Este cuadro es susceptible de diversas aplicaciones. Tomando la primera columna en sentido vertical, se advierte que el hidrógeno es positivo con respecto á todos los cuerpos no metálicos, y que el oxígeno es negativo relativamente á estos mismos cuerpos sin escepcion. Cada uno de los otros es negativo para los que le preceden, y positivo para los que le siguen. Asi tendremos sulfuros de hidrógeno, de boro, de silicio, de carbono, de arsénico, de fósforo y de selenio; y ioduros, bromuros, cloruros y óxidos de azufre. El arsénico hace escepcion, porque con respecto al hidrógeno es menos negativo que el fósforo, y mas que este con respecto al oxígeno.

La lista orizontal relativa á cada cuerpo nos ofrece el órden de su mayor afinidad con dicho cuerpo. Se observa, por ejemplo, que el arsénico no puede estraer el hidrógeno de ninguno de los compuestos formados por los cuerpos que le preceden. El azufre y el selenio por el contrario, lo estraerán de todos los cuerpos que le siguen. Lo mismo sucederá con el bromo, el iodo, el cloro, el oxígeno y probablemente con el fluor. Asi, el cloro descompone el agua, produciendo ácido hidroclórico y dejando el oxígeno en libertad; descompone ademas los ácidos hidrobrómico, hidroiódico, hidrosulfúrico, hidroselénico, el hidrógeno carbonado, el amoniaco, el hidrógeno fosforado y arsenicado, formando siempre ácido hidroclórico y dejando en libertad el bromo, el iodo, el azufre, el selenio, el carbono, el azoe, el fósforo y el arsénico.

En todos los otros casos se aplica el mismo sistema, asi

el oxígeno estraerá el fósforo al cloro, el cloro al bromo, el bromo al iodo, el iodo al selenio y el selenio al azufre.

LXXIV. No deben sin embargo, tomarse estas reglas como absolutas; porque el cloro, por ejemplo, no puede estraer ni el silicio ni el boro del oxígeno, ni este puede estraer estos mismos cuerpos al cloro. El órden adoptado viene á ser por lo tanto incierto para este y algunos otros casos.

Pueden sin embargo tomarse tadavia de este cuadro algunas nociones relativas á este último objeto. Supongamos que se quiera descomponer el ácido borico ó el silícico por el cloro, reuniéndole el cuerpo mas á propósito para ayudar la descomposicion. Este cuerpo debe ser lo mas positivo posible, y debe serlo mas con respecto al oxígeno que con respecto al cloro. Este último punto de vista escluye al hidrógeno. Descendiendo, el primero que se presenta es el carbono: este reune todas las propiedades que exige el caso, y debe por lo tanto ser preferido.

LXXV. Las relaciones que acabamos de examinar dejan todavia tanta incertidumbre, que nos impide la construccion de un cuadro semejante para los compuestos. Asi, nos contentaremos con ofrecer aqui estos compuestos colocados por grupos, reuniendo todos aquellos que presentan mas propiedades comunes, y ordenando en primer lugar aquellos que puedan facilitar el estudio de los siguientes:

Dando por supuesto que ya se han estudiado los cuerpos simples y el aire atmosférico, formaremos los grupos siguientes:

PRIMER GRUPO.

Cuerpos hidrogenados.

Neutros.—Agua, agua oxigenada.

Acidos.....
- 1.° Acido hidroclórico, hidrobrómico, hidroiódico, hidrofluórico.
- 2.° Acido hidrosulfúrico, hidroselénico.

Basicos....
- 3.° Hidrógeno fosforado, arsenicado, amoniaco.
- 4.° Hidrógeno carbonado.

SEGUNDO GRUPO.

Cuerpos oxicenados.

Acidos.....
- 1.° Acido clórico, brómico, iódico.
- 2.° Acido sulfuroso, selenioso, sulfúrico, selénico.
- 3.° Acido fosforoso, fosfórico, arsenioso, arsénico, hiponitroso, nítrico.
- 4.° Acido carbónico.
- 5.° Acido borico, silícico.

y sus apéndices respectivos.

Neutros....
- 1.° Oxidos de azoe.
- 2.° Oxidos de carbono.
- 3.° Oxidos de fósforo.

TERCER GRUPO.

Acidos.....
- 1.º Fluoruro de boro, de silicio, de arsénico.
- 2.º Cloruro de bromo, de iodo, de fósforo, de arsénico, de azufre, de selenio, de boro y de silicio.
- 3.º Bromuro de iodo, de fósforo, de azufre y de selenio.
- 4.º Ioduro de fósforo y de arsénico.
- 5.º Sulfuro de arsénico.
- 6.º Sulfuro de boro y de silicio.

Neutros ...
- Cloruro, ioduro de carbono.
- Cloruro, ioduro de azoe.
- Sulfuro de carbono.

CUARTO GRUPO.

Cianogeno y sus compuestos.

TRATADO

DE

QUIMICA APLICADA A LAS ARTES.

LIBRO PRIMERO.

1. En este libro hemos colocado la historia de los cuerpos no metálicos, y de los compuestos que resultan de su union mútua. Ya se ha podido observar que estos cuerpos se reunen fácilmente por grupos, y que en cada uno de estos se han establecido caractéres generales de una sencillez notable. No obstante, si se considera el conjunto de estos cuerpos, es casi imposible asignarlos propiedades comunes. Todos son á la verdad malos conductores de la electricidad y del calórico; pero estas propiedades parece tienen poca influencia sobre las otras, si se atiende al menos á la estrema desemejanza que existe algunas veces en las demas cualidades de estos cuerpos simples. Por consiguiente, nos limitaremos á las generalidades ya espuestas, y no pretenderemos agrupar los objetos de otra manera que por un método muy artificial, que resulta de sus relaciones bajo el punto de vista de la fabricacion.

La preparacion de estos cuerpos y la de los compuestos que producen por sus combinaciones, no originan artes complicadas; pero exigen de nuestra parte algunas aclaraciones, porque se hallan entre ellos un gran número de agentes enérgicos, que se aplican á la mayor parte de las operaciones industriales.

CAPÍTULO I.

Hidrógeno.—Globos aerostáticos.

2. Son muy vagas las nociones que se encuentran sobre la produccion y combustibilidad del hidrógeno en las obras publicadas por algunos químicos á principios del siglo último; pero verdaderamente deben atribuírsele á Cavendish los primeros esperimentos que sobre este objeto se practicaron con exactitud. Conocido desde luego con el nombre de *aire inflamable*, tomó el de *gas hidrógeno* (generador de agua), cuando los sabios franceses hicieron la reforma de la nomenclatura química.

3. *Propiedades.*—Este cuerpo se halla siempre al estado gaseoso; es incoloro, insípido é inodoro; su densidad, segun los señores Berzelius y Dulong, es de 0,0687. Deduciéndola de la composicion del agua se halla 0,0888. El aire atmosférico es lo menos catorce veces mas pesado que este gas, lo que esplica un gran número de sus propiedades, y en particular el empleo que se hace de él para las ascensiones aerostáticas. Esta diferencia de densidad hace que se pueda trasvasar el hidrógeno del vaso que le contiene á otro que se encuentre ocupado por el aire, como se manifiesta por el siguiente esperimento: tomando dos probetas cuyos orificios sean

iguales, y llenando la una de gas hidrógeno y la otra de aire, podrán colocarse de tal modo que sus bocas descansen una sobre otra, ocupando el hidrógeno la probeta superior; si en esta situacion se las invierte con cuidado colocando en la parte de abajo la que contiene el hidrógeno, este gas pasará á ocupar la probeta superior por su menor densidad, desalojando al aire que vendrá á reemplazar al hidrógeno en la probeta inferior; si introducimos en esta una luz, veremos que arde tranquilamente, mientras que al efectuarlo en la superior se inflamará el hidrogeno, lo que prueba que los dos fluidos se han desalojado mútuamente de sus vasos respectivos. Este esperimento tiene mejor éxito cuando la probeta que contiene al hidrógeno es algo mas pequeña que la del aire.

El hidrógeno apaga los cuerpos en combustion, como puede verse introduciendo una bugía encendida en una campana llena de este gas, y colocada boca abajo para evitar su salida. El primer efecto que se advierte es la inflamacion de la primera capa de hidrógeno que se halla en contacto con el aire y arde á la superficie, mientras que la bugía se apaga cuando ha penetrado en la campana; pero retirándola despacio se volverá á encender al atravesar la primera capa de gas, por hallarse este en combustion. Si la campana es grande, podrá reproducirse el fenómeno varias veces.

El gas hidrógeno no se altera á la temperatura mas elevada; la presion mas fuerte no es susceptible de hacerle pasar al estado líquido; la luz y la electricidad no tienen accion sobre él. Su poder refringente, comparado con el del aire, es de 0,470; su capacidad para el calórico es igual á la de los otros gases, pero su fuerza conductriz es mucho mayor.

4. *Preparacion.*—Para procurarse el gas hidrógeno se utiliza la composicion del agua, de la cual 100 partes contie-

nen 11,10 de hidrógeno y 88,90 de oxígeno; este último se separa con facilidad en virtud de la energía con que se une á muchos cuerpos, y principalmente á varios metales.

Si se coloca á través de un horno un cañon de fusil que contenga en su centro torneaduras de hierro, y se adapta á una de sus estremidades una retorta con agua hasta su mitad, y en la otra un tubo encorvado á propósito para recoger el gas, podrá obtenerse una gran cantidad de hidrógeno puro. Efectivamente, calentando el cañon hasta el grado rojo, y el agua de la retorta hasta el punto de ebullicion, su vapor se verá precisado á pasar por el cañon de hierro, tocando en las torneaduras candentes. Al verificarse este contacto, el vapor se descompondrá, produciendo óxido de hierro que permanecerá en el cañon, y gas hidrógeno que se desprenderá por el tubo encorvado y podrá recogerse en frascos llenos de agua. Como los vasos que forman el aparato contienen aire antes de la operacion, fácil es advertir que las primeras porciones de gas irán mezcladas con este aire, por lo que se hace necesario dejar escapar dos ó tres litros (4 á 6 cuartillos), hasta asegurarse bien de su total espulsion, en cuyo caso se obtendrá un gas muy puro, que posee todas las propiedades que dejamos mencionadas.

5. No es este en general el procedimiento por el que se obtiene el gas hidrógeno para los numerosos esperimentos químicos á que se aplica en el dia. Se estrae comunmente del agua por la accion de un metal, favoreciendo la descomposicion por un ácido, y sin el auxilio del fuego: esta operacion se ejecuta con mucha facilidad. Se toma un frasco de dos bocas, cuya capacidad sea de un litro poco mas ó menos, (2 cuartillos), (lám. 4. fig. 12); á una de las bocas se adapta un tubo encorvado, á propósito para recoger el gas;

y á la otra un tubo derecho, cuyo diámetro sea de 3 milímetros, (poco mas de $1\frac{1}{2}$ líneas), haciéndole bajar hasta el fondo del frasco, y dejando fuera unos 12 ó 15 centímetros, (61 á 77 líneas). Se introducen en el frasco de 40 á 50 gramas de zinc, (de 800 á 1000 granos), y una cantidad de agua suficiente para llenar dos terceras partes del frasco. Preparado de esta suerte, se vierte poco á poco por el tubo derecho ácido sulfúrico concentrado, haciéndole llegar por este medio hasta el fondo del frasco; al momento se manifiesta una viva efervescencia, y el gas hidrógeno se desprende por el tubo encorvado. La efervescencia y el desprendimiento de gas anuncian cuando se debe ó no añadir ácido, si la accion no es tan viva como se desea. El gas se recoge sobre el agua, y puede considerarse como puro, cuando se ha tenido el cuidado de dejar escapar alguna porcion hasta desalojar el aire del aparato. Este esperimento puede hacerse con facilidad, valiéndose de una redomita de vidrio, á la cual se adapta el tubo encorvado; pero en este caso es necesario introducir en ella todas las sustancias á la vez y recoger el gas.

6. Los productos de esta operacion son: gas hidrógeno, y una disolucion de sulfato de protóxido de zinc, siendo ademas constantemente acompañada de un desprendimiento considerable de calor. El agua se descompone; su oxígeno se emplea en trasformar al zinc en protóxido, que se une al ácido sulfúrico empleado, y el hidrógeno queda en libertad, y se desprende.

Por medio de la teoría atómica, puede muy bien establecerse la relacion numérica de las materias empleadas y de los productos de la manera siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
2 agua...............	112,48	2 hidrógeno..........	12,48
1 zinc..................	403,23	1 protóxido de zinc........ 1 ácido sulfúrico seco......	1 sulfato de protóxido de zinc. 1004,39
1. ác. sulfúrico seco	501,16		

7. Fuerza es añadir que para disolver completamente el zinc, es necesario emplear un esceso de ácido. Algunas veces se sustituye al zinc un metal menos costoso; este es el hierro en limaduras, torneaduras, alambre ó reducido á clavos pequeños ó tachuelas. En este caso, se produce gas hidrógeno y sulfato de protóxido de hierro; pero este procedimiento, que no se pone en práctica sinó rara vez en los laboratorios, exije que se emplee un esceso de ácido, mayor que en el anterior, porque el hierro es atacado con menos facilidad que el zinc. Por lo demas, el modo de operar y la teoría son iguales á los que acabamos de describir. Basta sustituir el peso de un átomo de hierro al de zinc en los cálculos precedentes.

Es necesario observar que el gas obtenido por el intermedio del ácido sulfúrico, no está nunca bien puro. Su densidad es mayor : los señores Biot y Arago la hallaron de 0,0732. Su olor es fuerte , semejante al del ajo ó al del fósforo. Esta diferencia parece debida á la presencia de una pequeña cantidad de materia oleosa, que puede separarse del gas , bien sea por medio del alcohol que la disuelve , bien por la potasa que se combina con ella. El mejor procedimiento para purificar el gas hidrógeno, obtenido de este modo, consiste, pues, en ponerle en contacto con una base salificable, poderosa. Se consigue muy bien con la potasa cáustica en fragmentos hú-

medos; pero puede emplearse con igual éxito este cuerpo en disolucion concentrada. En muchas circunstancias en que conviene obtener gas hidrógeno puro y seco, puede proporcionarse por medio de una probeta, (lám. 3, fig. 5,) que contenga potasa humedecida en su parte inferior, y fragmentos de cal bien seca en la superior. Se hace llegar el gas al fondo de la probeta por medio de un tubo largo, y se le da salida para los frascos, donde se recoge por otro tubo que apenas pasa algunas líneas el grueso del tapon, despues de haber atravesado la potasa húmeda que le despoja de su aceite, y la cal seca que le priva de su agua higrométrica. Purificado que sea, ya por el alcohol, ya por la potasa, el hidrógeno pierde su olor y se hace mas ligero

Hemos dicho que este gas puede recogerse sobre el agua; y así es, puesto que es casi insoluble en este líquido. Segun Teodoro de Saussure, 100 partes de agua hervida, absorven 4, 5 de hidrógeno en volúmen. Esta cantidad parece aun demasiado crecida. Puede por lo tanto recogerse el gas hidrógeno sin dificultad en el agua; pero no es posible conservarle largo tiempo sobre este líquido sin que esperimente alteracion. El agua en las circunstancias ordinarias contiene constantemente un poco de aire, y cuando ha sido privada de él, no tarda en adquirir, asi que se halla en contacto con este cuerpo, toda la cantidad que es susceptible de contener. De aqui resulta, que si se abandona una campana llena de hidrógeno sobre otra vasija llena tambien de agua, el gas no tardará en hacerse impuro, porque á medida que se disuelve en el agua, desaloja el aire que esta contiene y pasa á mezclarse con el hidrógeno restante. Este efecto se produce de un modo bastante intenso y rápido, para que una campana de gas hidrógeno, recogido sobre el agua comun, se altere por

algunos centésimos de aire al cabo de una ó dos horas. Este cambio puede evitarse recogiendo el gas sobre agua recien hervida, y haciendo pasar á las campanas una capa de aceite de 1 ó 2 centímetros (de 5 á 10 líneas) de espesor, para impedir el contacto entre el agua y el gas.

Lo mas conveniente es recoger el hidrógeno sobre agua hervida, ó sobre mercurio, en frascos esmerilados, y taparlos al instante con sus tapones untados de sebo. En todos los casos conviene por lo tanto no hacer uso de este gas sino poco tiempo despues de su preparacion ; y esto es bastante fácil, porque en pocos minutos pueden obtenerse grandes cantidades.

Segun lo que acabamos de esponer, es evidente , que no debe conservarse el gas hidrógeno en las vegigas por mucho tiempo. Estos aparatos son porosos lo suficiente para que se establezca rápidamente un cambio entre el aire esterior y el gas encerrado. Cierta cantidad de hidrógeno se escapa, y es reemplazada por otra correspondiente de aire, y no teniendo la precaucion de llenar las vegigas en el momento en que debe emplearse el gas, se espone el operador sin duda alguna á detonaciones muy fuertes y peligrosas.

9. *Usos.* — El hidrógeno juega un gran papel en los fenómenos naturales. Se combina con un gran número de cuerpos; hace parte del agua: se halla en la mayor parte de las materias orgánicas, y posee propiedades hasta tal punto enérgicas y particulares, que no hay cuerpo simple con el cual pueda ser comparado en un sistema de clasificacion, basado sobre el conjunto de las propiedades. Sus aplicaciones en el estado de pureza , no son muy numerosas; los químicos le emplean como reactivo muy útil en el análisis de los gases que contienen al oxígeno; y no es menor su utilidad en el

arte de obtener los metales muy puros, por la descomposicion de los óxidos, á los que roba el oxígeno en muchos casos, á una temperatura elevada. Su ligereza le hace mas particularmente á propósito para llenar los balones ó globos que se quieren lanzar en el aire; esta será la única de sus aplicaciones que examinaremos en este lugar; las demas se hallarán colocadas en otras partes de esta obra.

10. Los globos de que se hace uso para las ascensiones aerostáticas, no son otra cosa que unos grandes sacos de tafetan barnizados, cuya forma es esférica ó elipsoidea. El barniz es de todo punto esencial, para impedir que el gas hidrógeno se escape á través de las mallas de la tela. Estos sacos estan provistos de una abertura ó boca, destinada para la introduccion del gas, y ocupa la parte inferior. En la superior se hallan colocadas dos ó tres válvulas, que el aeronauta abre cuando le conviene por el auxilio de una cuerda, para dar libre salida al gas y hacer todo el aparato mas pesado, moderando por este medio la velocidad del ascenso, ó determinando su descenso sobre la tierra.

En la construccion de los globos, solo nos ocuparemos de la produccion del gas y de la construccion del balon que le contiene: lo restante es ageno del fin que nos proponemos en esta obra.

11. La produccion del gas está fundada en los principios que ya dejamos establecidos; pero como en este caso operamos mas en grande, es forzoso sustituir los frascos con toneles, practicando en uno de sus fondos unos agujeros para introducir los tubos conductores del gas. Cada tonel (lám. 6, fig. 1,) está cargado de una cantidad conveniente de hierro en limaduras, ó mejor de recortaduras de plancha de hierro batido. Tiene ademas un tubo recto de plomo para introdu-

cir el ácido, y otro que conduce el gas bajo una campana comun que antes se ha llenado de agua. De la parte superior de la campana, que puede ser de hoja de lata barnizada ó de madera, parte una manga de cuero que dirige el gas al balon. Hay que tener únicamente la precaucion de mantener en la campana ó gasómetro una ligera presion, lo que se verifica siempre que el nivel esterior del agua está un poco mas elevado que el interior. Algunos ensayos de antemano, fáciles de practicar, determinan todas estas condiciones detalladamente. La campana se mantiene en el sitio que debe por medio de algun peso, y ademas reposa en el fondo de una cubeta que la contiene, y está provista de escotaduras en su parte inferior para dar paso á los tubos conductores del gas.

Ya hemos observado que cuando se hacia uso del hierro era necesario emplear una cantidad de ácido muy considerable, y esto mismo nos advierte que los datos teóricos pueden muy bien hacernos caer en graves errores, si confiamos en ellos absolutamente. Los esperimentos nos hacen ver que 3 kilógramas (6,520 libras) de hierro y 5 kilógramas (10,867 libras) de ácido sulfúrico del comercio, producen cuando menos un metro cúbico (46,2265 pies cúbicos) de gas. De aqui se obtiene como consecuencia práctica, que espresando el volúmen de un balon en metros cúbicos, este volúmen v puede servir para determinar fácilmente el peso de las materias que se deben emplear.

$v \times 3 =$ el peso del hierro en kilógramas (1).
$v \times 5 =$ el peso del ácido sulfúrico en kilógramas.
$v \times 30 =$ el peso del agua en kilógramas.

---

(1) El kilógrama equivale á 2,173473 libras.

Veamos un ejemplo. Supongamos un balon de 10 metros (35,88 pies) de diámetro ó de 523,6 metros cúbicos (24204,23 pies cúbicos) de capacidad, y se tendrá aproximadamente.

Materias empleadas.

1570 kilógramas de hierro.	(3412,35 libras.)
2618—ácid. sulf.	(5690,15 id.)
15708—agua.	(34140,94 id.)

Productos.

523,6 metros cúbicos de gas hidrog. (24204,23 pies cúbicos.)

8000 kilógramas sulfato de hierro cristalizado (17387,78 libras).

Teóricamente deberia resultar esta cantidad de gas de la disolucion de 1418 kilógramas (3081,9 libras) de hierro solamente, pero aunque la regla empírica da un esceso de 150 kilógramas (326,02 libras) vale mas atenerse al mayor que al menor de estos resultados, á fin de evitar la lentitud que ocasiona la pérdida tan considerable de gas que se efectúa por la permeabilidad de la tela de que está construido el balon, y que es sumamente penosa cuando estos esperimentos se practican en público.

Cuando la operacion se ha terminado, puede muy bien beneficiarse el sulfato ácido de hierro que contienen los toneles, para lo cual basta calentarlo en calderas de hierro, cobre ó plomo, con limaduras ó cortaduras de hierro para saturar el esceso de ácido, y haciéndolo cristalizar se introduce en el comercio, compensando de esta suerte una parte de los gastos que ocasiona toda la operacion. Estos gastos aun serán muy

insignificantes, si se puede proporcionar el ácido en los grados que debe emplearse para evitar el coste de concentracion. Existen efectivamente algunas fábricas de sulfato de hierro, en las que se elabora esta sal á un precio muy económico, haciendo uso del hierro y del ácido sulfúrico dilatado.

El cuadro siguiente manifiesta el volúmen y diámetro de algunos balones con todas las demas condiciones de esta especie de aparatos, segun M. Francœur.. (Dic. tegnol. t. 1., p. 179.

Diámetro en metros	Idem en pies.	Volúmen en metros cúbicos.	Idem en pies cúbicos.	Superficie en metros cuadrados.	Idem en pies cuadrados.	Kilogramas que puede elevar el gas.	Libras que puede elevar el gas.	Peso del tafetan en kilógramas.	Idem en libras.	Fuerza ascensional y peso de los aparejos en kilógramas.	Idem en libras.
1 *	3,588	0,52	24,035	3,14	40,441	0,62	1,347	0,78	1,695	—0,16	—0,347
2	7,177	4,19	193,669	19,57	161,995	5,03	10,932	3,14	6,824	1,89	4,107
4	14,355	33,51	1549,052	50,97	647,461	40,21	87,395	12,57	27,320	27,65	60,096
6	21,533	113,10	5228,224	113,10	1456,769	135,72	294,983	28,27	61,444	107,44	233,517
7	25,122	179,59	8301,828	153,94	1982,667	215,51	468,405	38,48	83,635	177,03	384,769
8	28,711	268,08	12392,417	201,06	2589,713	321,70	699,206	52,01	113,042	269,69	586,163
9	32,299	381,70	17644,678	254,47	3277,649	458,04	995,537	63,62	138,276	394,42	857,262
10	35,888	523,60	24204,227	314,16	4046,475	622,32	1352,596	78,54	170,704	549,78	1194,932
11	39,477	696,91	32215,752	380,13	4896,188	836,29	1817,654	95,03	206,545	741,26	1611,108
12	43,066	904,78	41824,870	452,39	5826,918	1085,74	2359,826	113,10	245,819	972,84	2114,442
13	46,655	1150,35	53176,724	530,93	6838,537	1380,42	3000,305	132,73	288,485	1247,69	2711,820

(*) Un balon de un metro de diámetro no podrá elevarse si está formado de un tafetan tan grueso como el que se supone para los otros. Para construir estos balones pequeños se hace uso de las membranas de tripa de buey; pesan 80 gramas (1602,45 granos) poco mas ó menos, y de consiguiente su fuerza ascensional es de 540 gramas (18,778 onz.).

El volumen, la superficie y el diámetro se calculan por los métodos geométricos ordinarios (1), sean cualquiera los datos que se tomen por punto de partida. Las demas nociones que encierra este cuadro, se fundan en consideraciones muy sencillas.

Un metro cúbico (46,2265 pies cúbicos) de aire á una presion y temperatura media, pesa cerca de 1300 gramas (45,2082 onzas). Igual volumen de hidrógeno impuro y húmedo solo debe pesar 100 gramas (3,4775 onzas), poco mas ó menos; la diferencia de 1200 gramas (41,7307 onzas) será por lo tanto el peso que podrá sostener en equilibrio en el aire ordinario un metro cúbico de hidrógeno. Asi, el volumen de un balon en metros cúbicos multiplicado por 1,2 de kilógramas (2,608 libras) será el número de kilógramas que este balon podrá sostener.

Se evalúa por otra parte en 250 gramas ó $\frac{1}{4}$ de kilógrama (8,693 onzas) el peso de un metro cuadrado (12,88 pies cuadrados) del tafetan barnizado que se emplea en la construccion de los balones.

El número que espresa la superficie en metros cuadrados dividido por 4, dará pues, el peso del tafetan en kilógramas (2).

En fin, la diferencia entre el peso que el gas es susceptible de soportar y el de la cubierta que le contiene, espresará la carga que conviene añadir al globo para el cordage, la barquilla, los aparatos, las personas que han de ascender, el

(1) Recordaremos aqui estos datos. La relacion dol diámetro á la circunferencia es igual á 3,14159 ó aproximadamente $\frac{22}{7}$ La superficie de la esfera $S = D^2\ 3{,}14159$, y su volúmen $V = \frac{D^3\ 3{,}14159}{6}$. Representando el diámetro por D.

(2) Una kilógrama equivale á 2,17347 libras.

lastre etc.; advirtiendo que será necesario cargar 2 ó 3 kilógramas (4,346 á 6,520 libras) menos de lo que puede soportar, á fin de conservar una fuerza ascensional suficiente; y como esta fuerza es un punto muy importante, conviene medirla en el instante mismo de partir por medio de una romana que esté fija en la tierra, porque los cálculos establecidos anteriormente son todos aproximados, y pueden por otra parte alterarse por la introduccion accidental de un poco de aire en el balon, ó por cualquiera otra causa.

En la primera época de los globos conservaban comunmente una fuerza ascensional mucho mayor, de 50 á 60 kilogramos de (108 á 130 libras) y aun mas; pero es facil advertir que este esceso es inútil, que puede muy bien ser peligroso, y que vale mas conservar la facultad de arrojar una gran cantidad de lastre, que verse precisado á perder sin objeto una porcion considerable de gas.

13. Un aeronauta prudente debe efectuar tanto el ascenso como el descenso con una velocidad moderada, para evitar los acontecimientos desagradables á que en ambos casos puede esponerle la rapidez. Para determinar el descenso del globo, le basta al aeronauta abrir por algunos instantes una de las válvulas. Si el descenso se efectúa con una velocidad acelerada, el lastre de que va provisto servirá para moderarla (1); arrojando sucesivamente cierta cantidad, se hará el todo del aparato mas ligero, y la caida será tan suave cuanto desee el aeronauta. Si el sitio en que desciende ofrece algun peligro, podrá remontarse de nuevo arrojando mas las-

(1) El lastre debe componerse de saquillos de arena ó vegigas llenas de agua para poderlo arrojar en cantidades tan pequeñas cuanto sea necesario.

tre con precaucion para volver á descender en otro mas conveniente. En general, el empleo del lastre y el de la válvula son los únicos medios que el aeronauta tiene á su disposicion para su seguridad, pero suficientes si son bien dirigidos con tal que la ascension se verifique en tiempo sereno, y de ningun modo tempestuoso, ó en que la atmósfera se halle agitada por los vientos, cuya direccion puede variar á diversas alturas.

Es de una importancia considerable que no se halle el globo completamente lleno de gas en el momento de partir.

Por haber descuidado esta precaucion, tan sencilla al parecer, muchos aeronautas se han espuesto á graves peligros. Efectivamente, á medida que el globo se eleva, la presion del aire que le rodea disminuye, y el volúmen del gas que contiene aumenta. Es necesario en tal caso perder este gas, ó esponerse á que la tela del globo se rasgue á causa del esfuerzo producido por esta dilatacion. Vale mas sin duda alguna no llenar el globo sino hasta la mitad ó dos terceras partes á lo mas, siempre que tenga la fuerza ascensional suficiente para el objeto que el aeronauta se propone. Con esta precaucion, á medida que se eleva, el globo se infla suavemente, y la relacion de las densidades del hidrógeno y del aire, permanecen siempre las mismas bajo las mismas presiones, resultando de aqui, que nada ha cambiado en las condiciones del equilibrio de la máquina, y que nada cambia en general por esta causa, sean cualquiera las modificaciones de altura ó de peso á las que el aeronauta someta su aparato.

Resulta de todo lo precedente que un aeronauta debe tener ideas exactas de física, si no quiere esponerse á lances muy peligrosos. Los sábios físicos Biot y Gay-Lussac han emprendido algunos viages aéreos, que han efectuado sin

peligro ni turbacion, á pesar de llevar su imaginacion ocupada en hacer descubrimientos científicos y delicados, mientras que muchas personas que solo han atendido á su seguridad, han sido víctimas de su ignorancia ó imprudencia.

No pertenece al plan de esta obra el manifestar la historia de las ascensiones aerostáticas: en la Enciclopedia metódica (*Balones*) se halla tratada de una manera muy completa. Despues de esta época, la única ascension verdaderamente importante ha sido la de M. Gay-Lussac, ya sea por la elevacion tan considerable á que llegó (de 7000 metros) (25122 pies), ya á causa de los hechos con los cuales ha enriquecido la ciencia. (*Tratado de física de M. Biot*, *Anales de quím.*, *t.* 52, *p.* 75).

Los balones ó globos se forman de tafetan barnizado por una mezcla de aceite secante y esencia de trementina. Antiguamente hacian uso de un barniz de copal ó de una disolucion de caoutchouc (goma elástica). Al ocuparnos de los barnices examinaremos estos diversos procedimientos.

CAPÍTULO II.

OXÍGENO.—AGUA.—AGUA OXIGENADA.

Oxígeno.

14. *Propiedades.*—El oxígeno es un cuerpo constantemente gaseoso cuando está puro; es inodoro, insípido y sin color. Su densidad, segun los señores Berzelius y Dulong, es de 1,1026; su poder refringente, segun Dulong, es de 0,924.

El calórico, la electricidad y la luz no tienen accion so-

bre él. La mayor parte de los químicos han tomado por unidad el peso de su átomo en las tablas que han empleado; nosotros le supondremos igual á 100.

El oxígeno puede recogerse sobre el agua ó sobre el mercurio. Este gas es en efecto muy poco soluble en el agua: 100 partes de este líquido en volúmen solo absorven 3,5 de oxígeno. Encerrado en una campana, y abandonado sobre el agua, se altera muy pronto por la separacion que hace esperimentar al azoe que se halla disuelto en este líquido. Es necesario por lo tanto conservarle en frascòs bien tapados.

Si se comprime el oxígeno en una bomba de cristal, se observa que no pierde su forma elástica; pero que si la presion es muy fuerte y repentina, se hace luminoso.

Una de las propiedades mas notables de este gas es sin duda la facilidad singular con que activa la combustion de los cuerpos. Si se llena una probeta de oxígeno, é introduce en ella una bugía recien apagada, pero que conserve aun su mecha algunos puntos en ignicion, se encenderá de repente produciendo una luz y un calor mucho mas vivos que cuando arde en el aire atmosférico. Se emplea muchas veces este carácter para distinguir el oxígeno de los otros gases, siempre que no haya motivo de sospechar la formacion del protóxido de azoe que posee la misma propiedad, aunque en un grado mas inferior.

La esplicacion de este fenómeno es muy facil. Los cuerpos crasos estan formados de una cantidad considerable de carbono, de hidrógeno y un poco de oxígeno. Estos cuerpos no pueden arder sino cuando encuentran la cantidad de oxígeno necesaria para trasformar el hidrógeno en agua, y el carbono en óxido de carbono ó en ácido carbónico. Ordinariamente toman este oxígeno del aire, que contiene cerca de una

quinta parte de su volúmen. Cuando se les coloca en el oxígeno puro, hallan cinco veces mas oxígeno que en el aire; por esto mismo, el calor que se desprende es muy intenso y la combustion considerablemente activa.

15. *Usos.*—Los usos del oxígeno son muy numerosos y variados, y su importancia es muy grande en el estudio de la química. Para formarse una idea de esto, basta considerar que este gas compone la parte esencial de la atmósfera que rodea nuestro globo; que es uno de los elementos del agua; que entra en la composicion de la mayor parte de las materias minerales que constituyen las capas conocidas de la tierra; en fin, que se encuentra en el mayor número de las materias vegetales y animales, y que es indispensable para la existencia de todos los seres que viven en la superficie del globo. Si añadimos á esto que hace el principal papel en la mayor parte de las combinaciones que los químicos han examinado con todo cuidado hasta el dia, podrá cada uno penetrarse de la necesidad absoluta que hay en el estudio de la química, de dar un interés particular á todo lo que se refiere á la historia de este gas.

El oxígeno fué descubierto en 1774 por Priestley, y poco despues hácia la misma época por Scheele; pero á Lavoisier es á quien debemos el conocimiento exacto de la mayor parte de sus propiedades.

A pesar de ser el oxígeno un agente muy activo, no ha tenido todavia aplicacion directa en las artes. Sin embargo, indicaremos algunas circunstancias en las cuales puede ser aplicado con buen éxito. Vamos por consiguiente á manifestar los procedimientos por los cuales puede obtenerse este gas.

16. *Preparacion.*—Si se introduce en una retorta de barro (lám. 3, fig. 1 y 3) hasta las dos terceras partes de

su apacidad, peróxido de manganeso natural en polvo, y despojado del carbonato (1), y se adapta á su cuello un tubo de vidrio encorvado convenientemente que se dirige á un barreño lleno de agua despues de haber colocado la retorta en un horno de reverbero, y se eleva en seguida poco á poco su temperatura hasta el grado rojo, se obtendrá desde las primeras impresiones del calor un desprendimiento de aire atmosférico que proviene de la retorta y del tubo; pero este desprendimiento cesará bien pronto, y cuando la retorta se haya enrojecido, volverá á desprenderse gas que podrá recogerse en los vasos destinados para ello. Este saldrá del tubo en gruesas burvujas, y con rapidez, si la temperatura se sostiene. Conviene dejar perder dos ó tres litros (de 4 á 6 cuartillos) de gas, para quedar seguros de que el aire que contenia la retorta y el tubo ha sido desalojado en su totalidad. Despues de esta pérdida el resto que se recoge en campanas ó frascos es el oxígeno puro ó casi puro. 500 gramas de peróxido de manganeso del comercio (17,39 onz.) producirán de diez á doce litros (de 20 á 24 cuartillos) de gas. La operacion podrá darse por terminada, cuando permaneciendo la retorta enrojecida cese el desprendimiento del gas, ó al menos sea muy lento.

---

(1) El peróxido de manganeso natural contiene las mas veces carbonato de cal. Puede privársele de este cuerpo diluyéndolo en agua despues de haberle reducido á polvo, y vertiendo sobre la mezcla ácido hidroclórico hasta que termine la efervescencia debida al desprendimiento del ácido carbónico. Muchas veces se descuida esta precaucion; pero en tal caso es necesario lavar el gas obtenido, con un poco de agua, en la cual se haya disuelto cal viva. Para esto se introduce la disolucion en los frascos que contienen el gas, y se agitan vivamente durante algunos instantes. Todo el ácido carbónico es absorvido por la cal, y se reproduce el carbonato que se mantiene en suspension en el agua.

El peróxido de manganeso no queda completamente descompuesto en esta operacion, ni aun convertido en su totalidad al estado de protóxido. Los productos del esperimento pueden establecerse en átomos de la manera siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
3 peróxido de manganeso...	1667,34	2 protóxido de manganeso	911,56
		1 peróxido de manganeso.	555,78
		2 oxígeno..................	200,00

A medida que una porcion de peróxido pasa al estado de protóxido, perdiendo su oxígeno, parece que el último se combina con una parte del peróxido que se halla próximo á él, é impide asi su descomposicion. Al menos, cualquiera que sea la temperatura á que se esponga este cuerpo, parece imposible poderle estraer mas de la tercera parte del oxígeno que contiene.

El gas oxígeno puede obtenerse por otro método. Poniendo en un balon ó en una retorta de vidrio 50 gramas (1,17 onz.) de peróxido de manganeso en polvo, 30 gramas (1,043 onz.) de ácido sulfúrico concentrado y 30 de agua, teniendo cuidado de añadirla en pequeñas porciones y agitar la mezcla fuertemente á cada porcion para evitar el desprendimiento repentino de calor que resulta del contacto del agua y el ácido sulfúrico, y calentando poco á poco esta mezcla, podrá recogerse el gas en los términos anteriores por medio de un tubo encorvado adaptado al cuello de la retorta. Despues de haber dejado salir el aire de la retorta y las primeras porciones de gas, se obtendrá el oxígeno puro; en esta operacion se forma sulfato de protóxido de manganeso que queda disuelto, y todo el peróxido desaparece. Resulta que el óxido empleado pierde la mitad de su oxígeno en vez de la tercera parte que solo se

desprende cuando se opera por la accion del calor. Este procedimiento presenta algunas ventajas, mirado bajo el punto de economía; pero se prefiere comunmente en los laboratorios el primero á causa del poco cuidado que exige la operacion. Si se quieren representar los resultados de este esperimento en átomos, será necesario emplear la fórmula siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
1 peróxido de manganeso	555,78	1 át. oxígeno..	100,00
1 ácido sulfúrico seco....	501,16	1 át. sulfato de protóxido...	956,94

18. Cuando se desea obtener el oxígeno con mucha prontitud, es preferible hacer uso del clorato de potasa. El precio subido de esta sustancia hace el procedimiento muy costoso; pero siempre es mucho mas cómodo que los precedentes, sobre todo, cuando solo hay necesidad de una pequeña cantidad de oxígeno puro. Para obtenerlo por este medio se ponen 8 ó 10 gramas (160,2 ó 200,3 granos) de clorato de potasa en una retorta pequeña de vidrio, á cuyo cuello se adapta un tubo encorvado, bien sea por el intermedio de un tapon, bien por el de un cañoncito de caoutchouc (goma elástica). Se coloca el estremo libre del tubo encorvado en la cuba de agua ó de mercurio donde debe recogerse el gas; la retorta se calienta por medio de una lamparilla de alcohol ó con algunos carbones encendidos. La sal se funde en el momento produciendo una especie de ebullicion debida al desprendimiento del gas: al cabo de cierto tiempo la masa se vuelve pastosa, y el gas se produce en gran cantidad. El resíduo pasa poco á poco al estado sólido, presentando una masa hinchada y porosa: el desprendimiento cesa tan luego como la retorta se enrogece,

y la operacion queda en este caso terminada. El resíduo que contiene la retorta es cloruro de potasio, infusible á esta temperatura, y cuya formacion se manifiesta por el cambio sucesivo que esperimenta la materia del estado líquido al pastoso y de este al sólido. La espresion de los resultados en átomos es la siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
1 clorato de potasa	1530,55	1 cloruro de potasio.	930,55
		6 oxígeno...........	600,00

Ya se advierte que en esta operacion se obtiene á la vez todo el óxígeno del ácido clórico y todo el de la potasa.

Es necesario observar que el clorato de potasa contiene muchas veces cloruro de potasa, y el gas que se desprende se encuentra por lo tanto mezclado con cloro; pero es fácil separarle por medio de una disolucion alcalina.

19. Si en alguna circunstancia es susceptible el oxígeno puro de una aplicacion en grande, será preciso emplear para su estraccion un cilindro de fundicion semejante á los que se aplican á la fabricacion del ácido nítrico. El peróxido de manganeso calcinado es susceptible de una aplicacion ventajosa en la estraccion del cloro; y veremos al examinar los procedimientos por los cuales se obtiene este cuerpo, que en tal estado suministra precisamente la mitad del que hubiera producido antes de su calcinacion.

20. El oxígeno se combina con el hidrógeno en dos proporciones y forma dos cuerpos muy notables, el protóxido de hidrógeno (agua) y el deutóxido de hidrógeno, conocido comunmente bajo el nombre de *agua oxigenada.*

Agua.—Protóxido de hidrógeno.

21. Vamos á estudiar el agua bajo tres formas distintas, porque es sabido que se presenta muchas veces al estado de hielo, muchas mas al estado líquido, y no es menos frecuente observarla al estado de vapor.

22. *Agua sólida.*—Habiendo servido el punto de fusion del agua de término fijo para el cero de la graduacion del termómetro centígrado, resulta que el agua bajo cero es siempre ó casi siempre sólida, mientras que sobre este punto se halla siempre líquida ó al estado de vapor. La densidad del hielo es menor que la del agua, particularmente si se toma á 4.°,10 c., en cuyo caso es poco mas ó menos de 0,95, siendo la del agua 1,00. Esto nos manifiesta claramente por qué el hielo sobrenada siempre en la superficie del agua en los rios, estanques y demas, en el momento de los deshielos. El agua al pasar al estado sólido cristaliza considerablemente: asi se observa al menos cuando se examina la nieve con el microscopio. Desgraciadamente los cristales asi formados son demasiado pequeños para prestarse á un estudio útil bajo el punto de vista de la determinacion del sistema cristalino del agua. La nieve se presenta muchas veces bajo la forma de tablas en exágonos regulares; algunas otras bajo la de pirámides de seis caras; pero con mayor freccencia bajo formas tan caprichosas, aunque siempre de una simetria elegante, que no se las puede reducir á figuras geométricas. Algunas veces sin embargo, se ha encontrado el hielo cristalizado en prismas exaedros muy voluminosos, terminados por pirámides de seis caras.

23. Puesto que la densidad del hielo es menor que la del agua, es evidente que este líquido se dilata en el momento de

solidificarse. Sus moléculas al tomar esta nueva colocacion, ejercen un esfuerzo tan considerable, que con dificultad se creerian los resultados de los esperimentos practicados al efecto, si no hubieran sido repetidos muchas veces, y si las observaciones diarias no vinieran á confirmarlos. Un tubo de hierro de una línea de espesor y un centímetro de diámetro (5,168 líneas) cerrado por una de sus estremidades y provisto en la otra de un tapon de hierro á tornillo, puede servir para esta clase de esperimento. Si se llena completamente de agua este tubo, y cerrado fuertemente se coloca en medio de una mezcla refrigerante, cuya temperatura sea de 10.° ó 12.° bajo 0.° del cent., y pasada media ó una hora se retira, se le hallará deforme y reventado por uno ó muchos puntos, y el agua que contiene estará congelada en todas sus partes. Biot llegó á determinar por este medio la rotura de un tubo de hierro de una pulgada de espesor, y los académicos de Florencia hicieron reventar una esfera de cobre tan grucsa que Muschembroeck evaluó en 27720 libras el esfuerzo necesario para romperla.

No hay dificultad en conceder que un esfuerzo tan enérgico puede dar lugar á fenómenos muy notables en la superficie del globo, que se halla húmedo las mas veces, y particularmente en aquellos paises donde los inviernos son muy lluviosos y frios. De aqui provienen esas hendiduras ó grietas que se observan en las piedras de construccion en la época de las grandes heladas. Por esto mismo las vasijas llenas de agua y espuestas á un frio capaz de congelar este líquido, se rompen, y particularmente si estan bien llenas y tapadas, ó sus orificios son muy estrechos. Esta es tambien la causa de los daños que padecen en el invierno las cañerías que conducen las aguas, si no se tiene la precaucion de vaciarlas ó cu-

brirlas con cuerpos malos conductores del calor. De esta suerte puede tambien esplicarse la alteracion de las materias orgánicas cuando llegan á helarse. El agua encerrada en sus celdillas las desgarra en todos sentidos, y su tejido se encuentra profundamente alterado. Asi las frutas y carnes que han sido heladas, quedan blandas, lacias y esperimentan fácilmente la putrefaccion. Se conciben del mismo modo los estragos que las heladas producen en los vegetales, cuando los acometen en los momentos en que la sábia empieza á circular, particularmente si sobrevienen despues de un deshielo que los ha provisto de una cantidad de agua considerable, con la cual se hallan obstruidos sus conductos. Se observa que las plantas se alteran mas principalmente hácia el cuello de la raiz.

24. El agua puede permanecer líquida algunos grados bajo 0.°, enfriándola en un matraz, cuyo cuello se cierre herméticamente á la lámpara, ó bien vertiendo simplemente una capa de aceite sobre aquel líquido, para que sobrenadando á la superficie le preserve del contacto del aire. Colocando el matraz despues de esto en un sitio tranquilo, y haciendo bajar la temperatura lentamente, puede llegar á —6.° c. y aun algunas veces á—12.° sin que el agua deje de ser líquida; pero es de toda precision que se halle pura y privada de aire. Si en este estado se agita el matraz, el hielo se forma en aquel instante, y el agua se solidifica mas ó menos completamente. Es probable que por este movimiento las moléculas se coloquen en la posicion conveniente á su cristalizacion. Sea como quiera, cuando el agua se halla cargada de aire, ó contiene materias sólidas en suspension, se congela mas fácilmente que cuando está pura. No sucede lo mismo con el agua que contiene sales en disolucion; en este caso, resiste

algunas veces á una temperatura capaz de congelar el mercurio, tal es la disolucion acuosa de cloruro de calcio que permanece líquida á 40.° bajo el 0.° del cent.

25. El hielo al fundirse absorve una cantidad considerable de calórico que necesita para constituirse al estado líquido, y que convierte por consecuencia en calórico *latente*: es decir, que no puede apreciarse por el termómetro. Muy fácilmente podemos asegurarnos de este fenómeno, mezclando partes iguales de nieve á 0° y de agua á 75° sobre 0° del cent.; la nieve se fundirá con rapidez, y las dos cantidades líquidas resultarán á 0°. Por consiguiente, una libra de nieve ó de hielo, por ejemplo, exige para su licuacion todo el calórico necesario para elevar una libra de agua desde 0° á 75° cent.

De aqui resulta, que mientras una mezcla de agua y hielo contenga la menor cantidad de este último, su temperatura debe permanecer á 0.° Resulta ademas, que el hielo se funde tan lentamente en las circunstancias ordinarias, á causa de la gran cantidad de calórico que tiene que absorver de los cuerpos que le rodean.

El agua al estado de hielo es perfectamente incolora y trasparente; su estremada division la hace blanca y opaca cuando se halla bajo la forma de nieve, ó en general, cuando es producida por la congelacion rápida del vapor acuoso en el momento de su precipitacion. El granizo no es otra cosa que el hielo formado en el seno de la atmósfera.

26. *Agua líquida.*—El agua al estado líquido es igualmente incolora, trasparente, inodora é insípida. Su densidad, tomada ordinariamente por unidad, varia segun la temperatura; pero es preciso indicar esta, ó referirse á los resultados que ofrece á 4°, 1 cent. en que se halla á su maximun de

densidad. Esta densidad varía tambien en razon de las presiones á que este líquido se halla sometido; pero la variacion es tan pequeña, que ha permanecido largo tiempo como dudosa: sin embargo, como el agua es susceptible de trasmitir los sonidos, se ha debido inferir que era comprensible. Este resultado ya no es dudoso. Los esperimentos de Canton demuestran que por una presion igual á la atmosférica, la disminucion de volúmen es de $\frac{44}{1000\,000}$, los de Parkins indican $\frac{45}{1000\,000}$, en fin, los de M. Œrstedt dieron $\frac{46}{1000\,000}$. En una memoria premiada en 1827 por la academia de ciencias de París, los señores Colladon y Sturm han presentado resultados mayores todavía. En sus esperimentos, la contraccion era de 48 millonésimas, y corrigiendo el error que proviene de la contraccion del vidrio, asciende este valor á 51,3 millonésimas. Este valor parece constante hasta la presion de 16 atmósferas. El agua comun ofrece una contraccion menor á causa del aire que contiene. Todos los líquidos participan de esta propiedad. Debe presumirse que al disminuir el agua de volúmen, habrá en aquel momento un desprendimiento de calor, y aun parece que la cantidad es bastante grande, segun los esperimentos de M. Dessaignes. Este físico ha observado que comprimiendo el agua rápidamente en una bomba de vidrio privada de aire, se hacia luminosa en el momento en que se hallaba afectada por el embolo. Sin embargo, los esperimentos ya citados de los señores Còlladon y Sturm manifiestan que el calor producido es casi inapreciable.

El peso de un centímetro cúbico (138,030 líneas cúbicas) de agua destilada, y á la temperatura de 4.°,1 ha sido tomado por unidad del nuevo sistema de pesos adoptado en Francia: esta es la grama: (20,0307 granos.) La densidad del agua tomada al mismo grado, se considera como la uni-

dad, á la cual se refieren las de todos los cuerpos sólidos y líquidos; pero para que estas valuaciones sean exactas, y para un gran número de circunstancias análogas, hay una precision de conocer la densidad ó el volúmen del agua á temperaturas diferentes. Las tablas siguientes calculadas por M. Hallström, segun sus esperimentos, pueden servir para todos los cálculos de este género.

Densidad del agua segun Hallström.

Suponiéndola = 1 á 4°, 1 c.			Suponiéndola = 1 á 0° c.		
Temperatura.	Pesantez específica.	Volúmenes.	Temperatura.	Pesantez específica.	Volúmenes.
0	0,9998918	1,0001082	0	1,0	1,0
1	0,9999382	1,0000617	1	1,0000466	0,9999536
2	0,9999717	1,0000281	2	1,0000799	0,9999202
3	0,9999920	1,0000078	3	1,0001004	0,9998996
4	0,9999995	1,0000002	4	1,0001082	0,9998918
5	0,9999950	1,0000050	5	1,0001032	0,9998968
6	0,9999772	1,0000226	6	1,0000856	0,9999144
7	0,9999472	1,0000527	7	1,0000355	0,9999445
8	0,9999044	1,0000954	8	1,0000129	0,9999872
9	0,9998497	1,0001501	9	0,9999579	1,0000421
10	0,9997825	1,0002200	10	0,9998906	1,0001094
11	0,9997030	1,0002970	11	0,9998112	1,0001888
12	0,9996117	1,0003888	12	0,9997196	1,0002804
13	0,9995080	1,0004924	13	0,9996160	1,0003841
14	0,9993922	1,0006081	14	0,9995005	1,0004997
15	0,9992647	1,0007357	15	0,9993731	1,0006273
16	0,9991260	1,0008747	16	0,9992340	1,0007666
17	0,9989752	1,0010259	17	0,9990832	1,0009176
18	0,9988125	1,0011888	18	0,9989207	1,0010805
19	0,9986387	1,0013631	19	0,9987468	1,0012548
20	0,9984534	1,0015490	20	0,9985615	1,0014406
21	0,9982570	1,0017560	21	0,9983648	1,0016379
22	0,9980489	1,0019549	22	0,9981569	1,0018465
23	0,9978300	1,0021746	23	0,9979379	1,0020664
24	0,9976000	1,0024058	24	0,9977077	1,0022976
25	0,9973587	1,0026483	25	0,9974666	1,0025398
26	0,9971070	1,0029016	26	0,9972146	1,0027932
27	0,9968439	1,0031662	27	0,9969518	1,0030575
28	0,9965704	1,0034414	28	0,9966783	1,0033328
29	0,9962864	1,0037274	29	0,9963941	1,0036189
30	0,9959917	1,0040245	30	0,9960993	1,0039160

De los resultados que contienen estas tablas se puede concluir que á 4°, 1 c. es el máximun de densidad del agua, y que pasando sobre ó bajo este término, disminuye tanto, cuanto mas se aleja de él. Bajo este grado, la dilatacion es casi regular en su marcha hasta el momento de la congelacion, en el cual es fuerte é instantánea; cuando asciende sobre dicho grado aumenta á medida que se aproxima al término de ebullicion. Las dilataciones absolutas sobre 30° c. no son conocidas con tanta exactitud como bajo este punto de la escala. Estas dilataciones han sido estudiadas por Deluc, y la tabla siguiente, calculada segun sus esperimentos, partiendo de 30° c. Se advertirá que á este grado la dilatacion que presenta es algo mayor que la que indica Hallström; pero como rara vez se ofrece hacer correcciones delicadas sobre una masa de agua elevada á una temperatura que pase de 30° c., los valores indicados podrán ser suficientes en las aplicaciones.

Tabla de la densidad del agua, segun los esperimentos de Deluc, suponiéndola igual á la unidad, á la temperatura de 0° c.

Temperatura del agua.	Volúmenes.	Densidades.
30	1,00414893	0,9958681
35	1,00581832	0,9942154
40	1,00773939	0,9923200
45	1,00990174	0,9901952
50	1,01229496	0,9878544
55	1,01490866	0,9853105
60	1,01773243	0,9825766
65	1,02075589	0,9796660
70	1,02396862	0,9765923
75	1,02736024	0,9733683
80	1,03092034	0,9700071
85	1,03463853	0,9665212
90	1,03850440	0,9629232
95	1,04250755	0,9592256
100	1,04663760	0,9554406

27. *Agua en vapor.* — Cuando se calienta agua en un vaso abierto, bajo la presion de 0,76 metros, (32,736 pulgadas españolas) su temperatura se eleva hasta 100°, á cuyo término entra en ebullicion, y se evapora en su totalidad si está pura, sin dejar resíduo alguno, y sin que la temperatura haya esperimentado variacion. El vapor de agua es trasparente, incoloro y sin olor: su densidad segun Gay-Lussac, es igual á 0,625; el cálculo la fija en 0,620; de donde se sigue que una pulgada cúbica de agua á 0° c. dará pasando al estado de vapor 1700 pulgadas cúbicas de vapor de agua á 100° c. El vapor de agua es por lo tanto mas ligero que el aire, y es facil observar que sus densidades se hallan en la razon de 5 á 8, ó con mayor exactitud de 1000 á 1604.

El agua, lo mismo que todos los cuerpos volátiles, produce vapores á las temperaturas mas bajas. Esta tendencia á volatilizarse aumenta con la temperatura, y disminuye cuando esta disminuye tambien. El conocimiento de la tension propia del vapor de agua á diversas temperaturas es indispensable en una multitud de casos. A cada instante, por ejemplo, hay necesidad de ponerle en práctica para reducir por el cálculo el volúmen de un gas húmedo al que tendria al estado seco. Es necesario, pues, poder sustraer de la presion total á que se halla sometido la que es propia del vapor de agua con quien está mezclado. Esta presion está indicada en la tabla siguiente, construida por M. Pouillet, segun los esperimentos de M. Dalton.

Fuerza elástica del vapor de agua evaluado en milímetros, para cada grado el termómetro centígrado.

Grados.	Tension.	Id. en líneas.	Grados.	Tension.	Id. en líneas.	Grados.	Tension.	Id. en líneas.
—20	1,333	0,6889.	21	18,317	9.4662.	62	158,96	82,152.
—19	1,429	0,7385.	22	19,417	10,0347.	63	166,56	86,079.
—18	1,531	0,7912.	23	20,577	10'6342.	64	174,47	90,166.
—17	1,638	0,8465.	24	21,805	11'2740.	65	182,71	94,425.
—16	1,655	0,9069.	25	23,090	11'9330.	66	191,27	98,849.
—15	1,879	0,9710.	26	24,452	12'6368.	67	200,18	103,454.
—14	2,011	1,0392.	27	25,881	13'3754.	68	209,44	108,239.
—13	2,152	1,1121.	28	27,390	14'1552.	69	219,06	113,211.
—12	2,302	1,1896.	29	29,045	15'0105.	70	229,07	118,384.
—11	2,461	1,2718.	30	30,643	15'8364.	71	239,45	123,748.
—10	2,631	1,3597.	31	32,410	16'7496.	72	250,23	129,319.
— 9	2,812	1,4532.	32	34,261	17'7062.	73	261,43	135,108.
— 8	3,005	1,5529.	33	36,188	18'7021.	74	273,03	141,053.
— 7	3,210	1,6589.	34	38,254	19'7698.	75	285,07	147,325.
— 6	3,428	1,7716.	35	40,404	20'8809.	76	297,57	153,785.
— 5	3,660	1,8914.	36	42,743	22'0897.	77	310,49	160,432.
— 4	3,907	2,0191.	37	45,038	23'2758.	78	323,89	167,388.
— 3	4,170	2,1550.	38	47,579	24'5890.	79	337,76	174,554.
— 2	4,448	2,2987.	39	50,147	25'9162.	80	352,08	181,956.
— 1	4,745	2,4522.	40	52,998	27'3896.	81	367,00	189,668.
0	5,059	2,6145.	41	55,772	28'8232.	82	382,38	197,616.
1	5,393	2,7871.	42	58,792	30'3839.	83	398,28	205,834.
2	5,748	2,9705.	43	61,958	32'0201.	84	414,73	214,334.
3	6,123	3,1643.	44	65,627	33'9163.	85	431,71	223,109.
4	6,523	3,3111.	45	68,751	35'5308.	86	449,26	232,179.
5	6,947	3,5902.	46	72,393	37'4130.	87	467,38	241,544.
6	7,396	3,8222.	47	76,205	39'3831.	88	486,09	251,213.
7	7,871	4,0677.	48	80,195	41'4451.	89	505,38	261,182.
8	8,373	4,3282.	49	84,370	43'6028.	90	525,28	271,467.
9	8,909	4,6042.	50	88,742	45'8622.	91	545,80	282,07.
10	9,475	4,8967.	51	93,301	48,9183.	92	566,95	293,00.
11	10,074	5,1762.	52	98,075	50,6855.	93	588,74	304,26.
12	10,707	5,5333.	53	103,06	53,2618.	94	611,18	315,86.
13	11,378	5,8801.	54	108,27	55,9544.	95	634,27	327,79.
14	12,087	6,2466.	55	113,71	58,7658.	96	658,05	340,08.
15	12,837	6,6342.	56	119,39	61,7012.	97	682,59	352,76.
16	3,630	7,0440.	57	125,31	64,7607.	98	707,63	365,70.
17	4,468	7,4770.	58	131,50	67,9597.	99	733,46	379,05.
18	5,355	7,9344.	59	137,94	71,2879.	100	760,00	392,76.
19	6,288	8,4176.	60	144,66	74,7607.			
20	17,314	8,9479.	61	151,70	78,3991.			

28. Hemos dicho que el agua al calentarse no podia pasar de la temperatura de 100° bajo la presion ordinaria barométrica ó de 0,760 metros (32,731 pulgadas españolas); pero si se aumenta la presion, su temperatura podrá elevarse á un grado muy superior. En este caso se halla en las máquinas de vapor. Es inútil hacer observar que para cada presion debe existir una temperatura constante, y que esta presion puede ser conocida por la temperatura del agua, ó recíprocamente la temperatura por la presion. Estas nociones tienen una aplicacion inmediata en el empleo de las válvulas de metal fusible. Todavia no se han podido determinar estos resultados por esperimentos directos que puedan mirarse como incontestables. Los siguientes son los que M. Dulong ha calculado para las necesidades del gobierno, discutiendo los observados por diversos físicos.

Presion en atmósferas.	Presion en metros de mercurio.	Id. pulgadas.	Temperatura.
1	0,760	32,731	100° c.
1 ½....	1,140	49,096	112,2
2	1,520	65,461	122
2 ½....	1,900	81,827	129
3	2,280	98,192	135
3 ½....	2,660	114,558	140,7
4	3,040	130,923	145,2
4 ½....	3,420	147,289	150
5	3,800	163,654	154
5 ½....	4.180	180,020	158
6	4,560	196,385	161,5
6 ½....	4,940	212,751	164,7
7	5,320	229,116	168
7 ½....	5,700	245,482	170,7
8	6,080	261,847	173

Pudieran haberse llevado mas adelante estos cálculos, pero es de temer que los resultados no fueran muy exactos; y aun los que se hallan en la tabla precedente no merecen una entera confianza.

Los señores Dulong y Arago se ocupan en una série de esperimentos sobre este asunto importante.

Se concibe muy bien que aumentando de este modo la presion, podrán obtenerse temperaturas muy elevadas: la marmita de Papin ofrece un ejemplo familiar de esto mismo, y la investigacion de M. Cagniard de Latour presentan resultados muy curiosos sobre este asunto. La marmita de Papin no es otra cosa que un vaso de bronce ó de hierro bastante grueso, y cuya capacidad es de dos ó tres litros (4 ó 6 cuartillos). No tiene ordinariamente sino una abertura que se cierra por medio de una válvula, comprimida de modo que resista á una presion de 40 ó 50 atmósferas, segun el grueso del aparato. Calentando este vaso fuertemente, el vapor que se desenvuelve, no encuentra salida, mantiene por su presion una gran parte del agua al estado líquido, á pesar de elevarse su temperatura á 200 ó 300° y mas. Pero si en tal estado se abre la válvula, se lanza de repente á la atmósfera una columna de veinte ó treinta pies de altura, produciendo un ruido considerable.

No permitiendo este aparato asegurarse del estado en que se encuentra el agua á estas temperaturas elevadas, M. Cagniard de Latour ha ensayado el esperimento en unos tubos de vidrio muy gruesos, purgados de aire y cerrados á la lámpara. Este sabio ha observado que el agua puede reducirse á vapor en un espacio cuatro veces mayor solamente, que su propio volúmen á la temperatura poco mas ó menos de la fusion del zinc. La presion del vapor bajo estas condiciones pa-

rece que debe ser enorme, si se tiene presente que bajo la presion ordinaria un volúmen dado de agua á 100° c. produce 1700 volúmenes de vapor iguales al suyo.

El poder disolvente del agua aumenta mucho con la temperatura; por esto es muy útil someter muchas veces los cuerpos á su accion en vasijas cerradas que la permitan elevar su temperatura mas allá del punto de ebullicion, que ordinariamente afecta al aire libre. La marmita de Papin, por ejemplo, sirvió en otro tiempo para separar la gelatina de los huesos. En nuestros dias se ha hecho uso de un aparato análogo para algunas operaciones domésticas; esta es la marmita autoclava. Los graves accidentes á que ha dado lugar han limitado su empleo á ciertas operaciones de manufactura, para las cuales es muy á propósito. Al hablar del empleo del agua mas detalladamente, volveremos á tratar todos estos puntos. En fin, para dar una idea de la energía disolvente que este líquido adquiere con las altas temperaturas, añadiremos que en los esperimentos de M. Cagniard de Latour, el vidrio se altera, pierde su trasparencia y esperimenta probablemente una disolucion parcial. Esta circunstancia hace estos esperimentos, peligrosos ya por sí mismos, de una gran dificultad, y exigen que se coloque el observador por todos los medios posibles al abrigo de las esplosiones casi inevitables.

29. El agua, lo mismo que todos los cuerpos volátiles, absorve mucho calor cuando pasa al estado de fluido elástico, y este calor vuelve á quedar libre cuando se condensa de nuevo. El empleo de las máquinas de vapor ha dado una importancia particular al estudio de este fenómeno; al mismo tiempo ha venido á ser el objeto de los recientes esperimentos por parte de los señores Gaylussac, Clement, Desormes y Despretz.

El primero de estos físicos ha observado que 100 granos

de vapor de agua á 100° c., y bajo la presion ordinaria, pueden elevar por su condensacion 550 granos de agua de 0° á 100°, de modo que se producen 650 granos de agua hirviendo. Los señores Desormes y Clement adoptan los mismos números; M. Despretz los reduce á 630 ó 640.

Los señores Clement, Desormes y Despretz han hecho ademas esperimentos sobre el vapor á diversas presiones y temperaturas, y han llegado á los resultados siguientes: una grama (20,03 granos) de vapor al maximun de fuerza elástica posee siempre la misma cantidad de calórico latente, sea cualquiera la temperatura.

Es decir, que para evaporar una grama de agua á 0° bajo la presion de 5 milímetros (2,584 lín.), ó bien para hacerla pasar de 0° á 100° y evaporarla bajo la presion de 760 milímetros (32,731 pulgadas), ó para elevarla de 0° á 150°, y reducirla á vapor bajo la presion de 3520 milímetros (147,289 pulgadas), la cantidad necesaria de calor será siempre la misma. Este resultado es muy singular en apariencia, pero se esplica á pesar de eso, teniendo presente la estrema diferencia que existe entre los volúmenes de vapor, que esta grama de agua puede suministrar bajo presiones tan variadas.

De esta ley se ha sacado una consecuencia práctica muy importante, y cuyo conocimiento ha economizado muchas tentativas dispendiosas é inútiles: se reduce pues, á ser indiferente con respecto á la economía del combustible, evaporar el agua y probablemente cualquiera otro líquido á la presion ordinaria ó en el vacío. Los señores Desormes y Clement, á cuya observacion no ha podido escapar esta circunstancia, han hecho ademas la aplicacion de los mismos datos á los diversos sistemas de máquinas de vapor, y no se puede advertir sin admiracion que las mejores y mas perfectas de estas máqui-

nas no realizan todavia sino la duodécima parte del máximun de efecto indicado por la teoría.

30. Los diversos datos que preceden bastan para prever y calcular la mayor parte de los fenómenos á que da orígen el agua. Concluiremos esto haciendo presente una propiedad muy singular, y que merece tanta mas atencion, cuanto que puede ser de grande interés en muchas circunstancias. Parece que el agua debe evaporarse tanto mas pronto, cuanto mas caliente se halle el vaso que la contiene. Sin embargo, la esperiencia manifiesta que si este vaso se halla al grado rojo ó rojo blanco, la evaporacion cesa casi enteramente. Apenas habrá persona que no haya visto al arrojar algunas gotas de agua sobre una plancha de hierro enrojecido que toman de repente una forma esférica, y resbalan sobre la plancha durante un tiempo mucho mas largo, que el que hubiera sido necesario para su evaporacion en estas circunstancias. Diversos observadores han buscado el modo de aclarar este fenómeno. M. Pouillet le ha examinado recientemente (*Anal. de quim. y de fis.*, *t.* 36 *p.* 10), y ha observado que dejando caer agua gota á gota en un crisol de platino, elevado á la temperatura del rojo blanco, puede muy bien llenarse hasta la mitad y conservarse en este estado durante un cuarto de hora sin que la evaporacion sea sensible. Tan pronto parece que el agua se halla en calma, como animada de un movimiento giratorio, pero sin desprenderse vapores visibles. Si se separa el crisol del fuego y deja enfriar, asi que desciende al rojo oscuro, el agua entra de repente en una violenta ebullicion, y toda ella se trasforma en vapor.

Este fenómeno es dificil de esplicar. Rumford creyó era debido á la reflexion del calor que obraba en la superficie de las gotas. M. Pouillet lo atribuye á otra causa: imagina que

los rayos caloríficos emanados del crisol, atraviesan con demasiada facilidad el agua cuando estan muy calientes. Pero sea de esto lo que quiera, el hecho es incontestable. Es necesario precaverse de los peligros que presentará una caldera de vapor elevada accidentalmente á una temperatura muy alta, porque podrá suceder que deje de suministrar vapor, y que sin embargo un descenso de temperatura determine la esplosion. Las láminas de metal fusible son sobre todo muy útiles para evitar este riesgo, pues que limitan por su fusion la temperatura que el aparato puede adquirir; porque es evidente que una válvula no se abrirá en el momento en que se manifieste este fenómeno singular.

Esta clase de accidente debe ser raro en las calderas ordinarias; pero podrá suceder con frecuencia si el empleo de los tubos generadores se hace mas comun. No conteniendo estos tubos sino una pequeña cantidad de agua, y hallándose elevados comunmente á una temperatura bastante alta, será fácil que adquieran el punto necesario para la produccion de este fenómeno. Los accidentes serán tanto menos graves cuanto menor sea el volúmen de los aparatos.

31. *Composicion.*—La composicion del agua es uno de los elementos mas necesarios para los cálculos de los químicos. Este líquido hace un papel tan activo en circunstancias tan frecuentes é importantes, que estamos sin cesar obligados á fijar la consideracion bien sobre la naturaleza, bien sobre la proporcion de los principios de que está formada. Los últimos esperimentos de los señores Berzelius y Dulong han suministrado para su composicion números que han sido adoptados por todos los químicos. Segun ellos, está formada de

Oxígeno.......	88,90	ó bien 100	1 átomo oxígeno.
Hidrógeno.....	11,10	12,48	2 átomos hidrógeno.
Agua....	100	112,48	1 átomo agua.

Entre los numerosos descubrimientos que la ciencia debe á Gay-Lussac, sobresale la notable observacion en la composicion del agua, que le condujo á encontrar las verdaderas relaciones que existen entre los gases y los vapores cuando se combinan. Esperimentos muy exactos que practicó juntamente con M. Humboldt, le probaron que el agua estaba formada de 1 volúmen de oxígeno y 2 de hidrógeno; estos resultados fueron plenamente confirmados despues por todos los fenómenos en que el agua se interesa con actividad, y convienen ademas en un todo, con la composicion hallada por los señores Berzelius y Dulong.

En fin, habiendo tomado M. Gay-Lussac la densidad del vapor de agua por un procedimiento esclusivamente suyo, halló que esta densidad sacada por hipótesis á 0° y 0,76 metros (32,731 pulgadas) para hacerla comparable á la de los gases, estaba representada por 0,625. Luego tomando

La densidad del hidrógeno = 0,0687
La densidad media del oxígeno = 0,5513
Se tendrá para la densidad del vapor de agua........................... = 0,6200

Lo que confirma mas y mas los datos precedentes, y nos advierte ademas que el volúmen del vapor de agua se compone de medio volúmen de oxígeno y un volúmen de hidrógeno, de cuyo conocimiento tendremos que hacer un uso contínuo en el curso de esta obra.

32. Muy bien pudiera demostrarse la composicion del agua por una multitud de esperimentos; pero indicaremos aqui solamente los mas claros y sencillos.

Se puede probar la presencia del oxígeno y del hidrógeno en el agua, descomponiendo este líquido por medio de la pila voltáica, despues de haberle saturado de sulfato de sosa ó incorporado un poco de ácido sulfúrico para hacerle buen conductor del fluido eléctrico. Si la pila es bastante fuerte, de 50 á 100 pares, por ejemplo, se obtendrá en poco tiempo el oxígeno en el polo positivo, y el hidrógeno en el negativo; y si estos gases se reciben en tubos graduados, podremos asegurarnos que sus volúmenes estan al poco mas ó menos en la relacion de 1 á 2.

Pueden tambien obtenerse resultados igualmente claros, haciendo pasar agua en vapor al través de un tubo de porcelana enrogecido, en el cual se hayan introducido algunas madejillas de alambre de hierro. El agua se descompone en esta operacion; su oxígeno se fija en el hierro que se oxida, y el gas hidrógeno se desprende. Este esperimento tan sencillo se hace adaptando á uno de los estremos del tubo una retorta de vidrio con agua, y disponiendo en el otro estremo un tubo á propósito para recoger el gas. Cuando el tubo de porcelana se halla enrogecido por el fuego, se hace hervir el agua, el vapor toca sobre el hierro, y el gas hidrógeno se desprende en seguida.

En fin, la sintesis acaba de confirmar lo que el análisis habia ya demostrado. Si se llenan dos recipientes, el uno de gas hidrógeno y el otro de oxígeno, y se ponen en comunicacion con un balon de vidrio, lleno tambien de oxígeno, y en el momento en que se hace llegar el gas hidrógeno al balon por una abertura muy pequeña, se inflama su corriente por

medio de una chispa eléctrica, este gas continuará quemándose siempre que se le suministre el oxígeno necesario; y bien pronto el agua resbalará en abundancia sobre las paredes del balon. Este esperimento practicado en grande por Monge, Lavoisier y Meunier, por Lefebre Gineau, Fourcroy y Vauquelin, ponen fuera de duda la composicion del agua, probando que el peso del hidrógeno y del oxígeno empleado se volvió á encontrar completo en el agua obtenida. De este modo recogieron hasta medio kilógrama (1,0817 libras) de agua, y se aseguraron de su pureza é identidad con el agua comun, por todos los medios posibles.

Se concibe, no obstante, que estos medios tan complicados no pueden presentar el grado de exactitud que exige el estado actual de la química. Era necesario emplear un método mas sencillo, y sobre todo independiente de las medidas de los gases, que siempre son poco seguras cuando se opera en grandes volúmenes. Tal es el método empleado por los señores Berzelius y Dulong. Consiste, en general, en hacer llegar á un tubo de vidrio que contiene cantidades determinadas de deutóxido de cobre, gas hidrógeno purificado por la potasa, y perfectamente seco. El óxido elevado á la temperatura del rojo naciente, cede su oxígeno, que combinado con el hidrógeno forma agua, quedando en el tubo el cobre al estado metálico. A este tubo se adapta otro que contenga cloruro de calcio para condensar el agua formada, que arrastra el gas escedente. De esta suerte se obtiene exactamente el peso del oxígeno perdido por el óxido y el agua que ha formado; de donde se deduce el hidrógeno que esta contiene. Por este método incontestable se ha llegado á los resultados mencionados antes.

33. *Formacion del agua.*—El agua se produce, ó en

otros términos: el gas oxígeno y el hidrógeno se combinan en circunstancias bastante variadas.

El hidrógeno y el oxígeno pueden mezclarse á la temperatura ordinaria sin determinar su union. Mas si la mezcla se introduce en un cuerpo de bomba, y se comprime con rapidez, la combinacion se efectúa de repente, y resulta tal desprendimiento de calor, que el vapor dilatado ejerce su poder sobre el cuerpo de bomba, y le comprime de modo, que muchas veces ocasiona la rotura. (Biot.)

Introduciendo en la mezcla un cuerpo en combustion, la inflama de repente; se manifiesta una fuerte detonacion, el oxígeno y el hidrógeno desaparecen, y se forma una cantidad proporcional de agua. De esto puede cualquiera convencerse, introduciendo dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno en una probeta, á la cual se aproxima una bujía encendida. Si se hace el esperimento en una vasija de orificio pequeño, como por ejemplo, en un frasco, es preciso tener cuidado de envolverlo en un lienzo, porque la esplosion puede ser bastante poderosa para ocasionar la rotura.

La chispa eléctrica determina igualmente en el instante la combinacion de estos dos gases. La ventaja que presenta este procedimiento, que permite operar en vasos cerrados, sin esposicion de pérdida en los gases, ha determinado á que los químicos lo pongan en práctica en una multitud de esperimentos. El aparato que han adoptado lleva el nombre de *eudiómetro de Volta*. Vamos á describirle con exactitud. Este aparato se emplea bajo tres formas, que corresponden al fin que se propone el obeservador.

La mas sencilla es la que se prefiere, cuando se opera sobre el mercurio. El aparato consiste en este caso en un simple tubo de vidrio cuyo espesor es de seis á ocho milímetros

(de 3 á 4 líneas) (Lám. 3, fig. 8); este tubo se halla ordinariamente fortificado en su estremo superior por un regaton de hierro, aunque puede pasar sin esta precaucion. Una espiga redonda de hierro terminada tanto en el interior como en el esterior por un boton, y bien pegada por medio de un mastique, cierra la parte superior del aparato, y sirve para trasmitir el fluido eléctrico al espacio ocupado por el gas. Un alambre de hierro vuelto en espiral y terminado por una bola, sirve para estraer la chispa eléctrica. Para este efecto, cuando se han introducido los gases en el eudiómetro, se pasa el espiral debajo del mercurio, haciéndole subir dentro del tubo, hasta que su bola se halle á algunas líneas de la bola interior. Entonces, se cierra la abertura interior del eudiómetro, por medio de un tapon ó rosca, ó con el dedo pulgar; en seguida se estrae una chispa eléctrica aproximando al boton esterior el platillo de un electróforo, ó bien la bola de una pequeña botella de Leyden; la mezcla se inflama, pero sin oirse la menor detonacion, si el aparato está bien cerrado. Cuando se abre la parte inferior, el mercurio se eleva en el eudiómetro y llena todo el espacio que ocupaban los gases que se han trasformado en agua.

La descripcion de este esperimento nos conducirá á concebir facilmente las precauciones que ha sido necesario tomar en la construccion de los eudiómetros de agua. Efectivamente, estando el aparato cerrado no tiene lugar la detonacion; es decir, que la súbita elevacion de temperatura no ha podido dilatar repentinamente los gases faltos de espacio, lo mismo que el espacio que resulta vacío despues de la condensacion del vapor de agua formado, no se ha podido llenar repentinamente, por hallarse sustraido á la presion de la atmósfera. Si el aparato no está cerrado, se concibe muy bien

que la espansion podrá ser tal que los gases por combinar se escapen por la abertura inferior del eudiómetro, lo que inducirá á error sobre las proporciones del resíduo, cuando hay un interés en conocerlas. Por otra parte, cuando el aparato está cerrado, el vacío que se produce puede dar lugar al desprendimiento de un gas, si el líquido sobre que se opera lo retiene en disolucion: en este caso se halla el agua comun.

Examinemos el aparato de Volta. (Lám. 3, fig. 9 y 16). Este aparato se compone de tres partes principales. En la parte de abajo se halla un embudo de laton provisto de una llave, que establece la comunicacion con un tubo grueso de vidrio destinado á contener la mezcla. Este tubo comunica en la parte de arriba por medio de una segunda llave con otro embudo colocado boca arriba, y que puede llenarse de agua. El conducto que establece esta comunicacion lleva una rosca, á la que se adapta un tubo de vidrio graduado.

Fácilmente se concebirá el uso de estas diversas piezas: estando abiertas las llaves y quitado el tubo, se coloca el aparato en el agua hasta la mitad de su altura, por ejemplo: se cierra en seguida la llave inferior, el embudo que sirve de base está lleno de agua, y por el embudo superior se echa tambien de este líquido, llenando á la vez el tubo del eudiómetro. En fin, se llena tambien de agua el tubo graduado, y cerrando su orificio con el dedo pulgar se vuelve y coloca sobre el embudo superior, atornillándole en su rosca exactamente. Lleno ya de agua el aparato, se cierra la llave superior, y se introduce el oxígeno y el hidrógeno en el tubo del eudiómetro; despues se determina la detonacion por medio de una chispa eléctrica que se escita sobre la mezcla, para lo cual se ha fijado de antemano en el estremo superior del eu-

diómetro una espiga de cobre aislada y embetunada, que termina por la parte esterior en una bola , y por la interior en una punta roma, colocada á una ó dos líneas de las guarniciones metálicas del aparato. Efectuada la esplosion , se abre la llave superior, y el resíduo gaseoso pasa al tubo graduado, donde se le puede medir y someter á nuevas pruebas.

Hemos supuesto que la llave inferior se halla abierta. En este caso la detonacion se percibe; el agua es espulsada y en seguida aspirada de nuevo á medida que el vapor de agua se condensa.

Si esta llave está cerrada , no habrá ni espulsion ni absorcion , y por consiguiente tampoco detonacion , pero se formará un vacío mas ó menos perfecto: el agua dejará escapar una multitud de pequeñas burbujas gaseosas, debidas al aire que tiene en disolucion: incorporado este aire al resíduo, aumentará la cantidad, y alterará su naturaleza ó las proporciones.

Se ha recomendado que el eudiómetro se llene de agua hervida, pero esta absorve una pequeña cantidad del gas que se introduce en el eudiómetro , lo que origina nuevos errores.

Es mas sencillo y seguro operar sobre el agua comun y en el eudiómetro abierto.

Sin embargo, como los gases se dilatan en el momento de la esplosion, pueden salir fuera del aparato. M. Gay-Lussac ha construido un eudiómetro que remedia todos los defectos que acabamos de indicar. Su aparato representado (Lám. 3, fig. 17) se asemeja mucho á un eudiómetro de mercurio. Difiere de este esencialmente, en que se cierra por medio de una válvula que permite la entrada del agua en el aparato cuando el vacío está formado, pero que no la deja volver á salir, como tampoco al gas en el momento de la detonacion.

En fin, existen ciertos cuerpos que tienen la propiedad de determinar casi de repente la combinacion del oxígeno con el hidrógeno por el solo contacto ; tal es el platino. Esta propiedad curiosa, descubierta por M. Dœchereiner, tendrá lugar en la esposicion de los caractéres generales de los metales por ser estos cuerpos los que presentan esta propiedad en mas alto grado.

34. *Usos.*—Nadie ignora que el agua se emplea en una multitud de operaciones. Se sabe generalmente tambien, que las aguas que se encuentran en la superficie del globo, difieren considerablemente entre sí, lo cual depende en la naturaleza de las sustancias que este líquido tiene en disolucion. Mas adelante examinaremos el agua bajo estos diversos puntos de vista. Seria dificil formarse un idea exacta de esto antes de haber aprendido á conocer las sustancias que encuentra, y de las cuales se carga en el seno de la tierra.

Nos bastará añadir aqui que el agua pura se obtiene por medio de la destilacion de las aguas comunes de rios ó de pozos. Esta destilacion se practica en vasos de vidrio ó de cobre, segun lo exijan las necesidades. Por lo demas, el agua destilada ó pura solo se emplea en los laboratorios. El agua de que se hace uso en las artes no necesita sino una pureza relativa, y muchas veces puede estar cargada de muchas materias, sin que por esto sea perjudicial al objeto á que se aplica.

Deutóxido de hidrógeno.—Agua oxigenada.

35. Este compuesto estraordinario, descubierto en 1818 por Thenard, vendrá á ser algun dia un agente medicinal é industrial muy poderoso. El único problema que está por resolver consiste en hallar un medio de preparacion fácil y

poco costoso, que permita hacer multiplicadas investigaciones sobre los detalles necesarios para las aplicaciones útiles. Por lo demas, se juzgará mejor de la importancia de este cuerpo y de las dificultades que se oponen á su introduccion en las artes, por una corta esposicion de sus propiedades y de su preparacion.

36. *Propiedades.*—El deutóxido de hidrógeno es líquido á la temperatura ordinaria, y aun á 30° c. bajo cero. En el vacío se volatiliza sin descomponerse á una temperatura baja; pero su tension es sin embargo, mucho mas débil que la del agua. Se descompone fácilmente bajo la influencia del calor, y aun con tanta facilidad, que si se la quiere destilar cuando está concentrada, se trasforma prontamente en agua y en oxígeno puro, produciendo una detonacion mas ó menos fuerte. Si se tiene la precaucion de dilatarle en agua antes de someterle á la accion del calor, se descompondrá tambien, pero sin detonacion, y se observa que las últimas porciones de oxígeno son las mas difíciles de desalojar. El deutóxido de hidrógeno no tiene color ni olor; su sabor se asemeja al de algunas disoluciones metálicas, su densidad es de 1,452, pasa como un jarabe al través del agua. Destruye poco á poco los colores del papel teñido con el azul de tornasol y con la curcuma, volviéndolos blancos. Ataca la epidermis, algunas veces subítamente, y la emblanquece causando picazon, cuya duracion varia en razon de los individuos, de la cantidad y de la concentracion del líquido. Renovando este, puede destruir la piel. Aplicado sobre la lengua, la emblanquece al instante, y hace la saliva espesa y espumosa.

37. *Composicion.*—La composicion del peróxido de hidrógeno es tal, que puede mirarse este cuerpo como formado de volúmenes iguales de oxígeno é hidrógeno ga-

seosos, cuando tiene la densidad de 1,452. Contiene pues:

94,11 oxígeno.	ó bien	100,	1	átomo oxígeno.
5,89 hidrógeno.		6,25	1	átomo hidrógeno.
100 —peróxido.		106,25	1	átomo peróxido.

No se conoce la densidad de su vapor, de modo que se ignora la condensacion de sus elementos.

Esta composicion se establece fácilmente, descomponiendo una cantidad conocida del peróxido, dilatado primeramente en agua por medio del calor. El esperimento se hace en un tubo de vidrio lleno de mercurio, y vuelto boca abajo sobre la cuba de este líquido. El peróxido puro da 475 veces su volúmen de oxígeno. El grado de concentracion del agua oxigenada débil se aprecia del mismo modo. Se llama agua oxigenada á 8 ó 10 volúmenes á aquella que suministra 8 ó 10 veces su volúmen de gas oxígeno al descomponerse.

El peróxido de hidrógeno se descompone abandonado á sí mismo, bien se halle colocado bajo la influencia de la luz, bien permanezca en la oscuridad. Jamás se le puede conservar durante algunos meses sin que esperimente alteracion, y aun muchas veces al cabo de algunos dias se encuentra ya descompuesto en parte. Rodeado de hielo y puesto al abrigo de toda materia estraña, se conservaria sin duda; pero la última de estas condiciones es tan dificil de realizar que es increible pueda verificarse; sobre todo, si se considera que algunas partículas de polvo pueden con el tiempo descomponer casi enteramente una cantidad considerable de este cuerpo.

El deutóxido de hidrógeno puesto en contacto con diversos cuerpos, origina fenómenos muy notables: y lo son tanto mas, cuanto que manifiestan, por decirlo asi, un género de

accion que hace probablemente un papel importante en otras muchas circunstancias, pero que se halla siempre disfrazado por fenómenos accesorios. Siendo este cuerpo tan facil de descomponer por una temperatura de 25 ó 30°, es evidente que debe trasformarse en oxígeno y agua por la accion de muchos cuerpos, cuando estos tengan una afinidad enérgica con el oxígeno ó con el agua. Asi los hechos de este órden no deben sorprendernos. Pero en muchos casos la separacion del oxígeno y del agua se efectúa por el solo contacto de cuerpos que no se combinan ni con el oxígeno, ni con el agua que han desunido. Aun mas, los óxidos que gozan la propiedad de descomponer súbitamente el agua oxigenada, esperimentan ellos mismos una descomposicion repentina, quedando en libertad el oxígeno y el metal, al mismo tiempo que el agua oxigenada se trasforma en agua y en oxígeno. En general, es necesario que los cuerpos estén muy divididos para que sus reacciones sean claras y prontas, y en el caso de ser estrema su tenuidad, cada gota de peróxido de hidrógeno que se vierte sobre ellos produce muchas veces una súbita detonacion con desprendimiento de calor y algunas veces de luz. Para hacer cómodamente estos esperimentos, se coloca el cuerpo en una vasija con pie ó en un tubo tapado, haciendo llegar el peróxido de hidrógeno por medio de una pipeta de vidrio muy aguzada. Operando sobre el mercurio con el agua oxigenada débil, pueden recogerse y examinarse sus productos. Por estos diversos métodos M. Thenard ha manifestado los resulados siguientes:

Entre los cuerpos simples no metálicos, el carbono y el selenio obran solamente sobre el deutóxido de hidrógeno. El selenio se acidifica, y el carbono le estrae el oxígeno sin combinarse con él.

La plata, el platino, el oro, el osmio, el palodio, el rodio y el iridio muy divididos, descomponen repentinamente el deutóxido, y desalojan el oxígeno sin oxidarse. En limadura y aun en masa obran estos cuerpos todavia, pero débilmente en comparacion de los fenómenos precedentes.

El plomo, el bismuto y el mercurio, ejercen una accion que aunque lenta al principio, se aumenta en seguida, separan el oxígeno del deutóxido y los metales no dan señales de oxidacion.

El cobalto, el niquel, el cadmio y el cobre no producen sino una accion muy débil. El hierro, el estaño, el antimonio y el teluro parece no tienen accion alguna.

Todos los metales no se limitan por lo tanto, á espulsar el oxígeno; algunos se combinan con este cuerpo: tales son el potasio y el sodio, como es facil de presumir. Una parte del oxígeno se desprende siempre, pero otra es absorvida por el metal. El arsénico, el molibdeno, el tungsteno y el cromo se hallan tambien en este caso. El arsénico y el molibdeno, el potasio y el sodio ejercen una accion de las mas activas. Hay un desarrollo de luz, lo que no sucede con el tungsteno ni el cromo. En fin, el manganeso y el zinc, parece obran del mismo modo; pero la accion de este último es muy débil.

Los sulfuros metálicos presentan fenómenos fáciles de prever. Los de los metales básicos se trasforman en sulfatos; los de los metales acidificables pasan al estado de ácido, y el azufre queda en libertad; por último, los de bismuto y de estaño obran débilmente, y los de plata y de mercurio nada.

Los óxidos metálicos ejercen una accion muy variada. La barita, la estronciona, la cal, el óxido de zinc, el protóxido y deutóxido de cobre, el óxido de niquel, el protóxido de

manganeso, el de hierro, de estaño, de cobalto, de arsénico y otros sin duda, absorven el oxígeno, trasformándose en peróxidos. Para que el esperimento tenga buen éxito es necesario que el deutóxido de hidrógeno se halle dilatado en agua, y que el óxido metálico esté disuelto ó al estado de hidrato.

La mayor parte de estos óxidos calcinados estraerán el oxígeno del peróxido de hidrógeno, al menos en parte.

El peróxido de manganeso, el de cobalto, el masicot (albayalde calcinado), y el peróxido de hierro hidratado, ejercen una accion de las mas violentas, pero no esperimentan alteracion. Los óxidos alcalinos y aun la magnesia, descomponen tambien este cuerpo, pero con menos energía.

39. Los óxidos de la última seccion son sin contradiccion alguna los que ejercen la accion mas singular. Apenas se hallan en contacto con el peróxido de hidrógeno se reducen, abandonan su oxígeno, y aparece el metal; el peróxido se descompone con un gran desprendimiento de calor, y aun algunas veces de luz. Es muy probable que la elevacion de temperatura contribuya á la reduccion del óxido; pero no es esta la única causa, porque con el peróxido dilatado en agua se reproducen los mismos fenómenos, y sin embargo, la temperatura no se eleva sensiblemente.

En fin, añadiremos solamente, que entre las materias orgánicas hay unas que espulsan con rapidez el oxígeno, y otras que son absolutamente inertes. La fibrina, por ejemplo, el tejido del pulmon, de los riñones, y en general los tejidos animales descomponen el agua oxigenada con rapidez é indefinidamente. El oxígeno se desprende puro, y la materia animal permanece sin alteracion. La albúmina, la gelatina, como las demas materias animales *aisladas*, parece por el contrario que no tienen accion alguna sobre este cuerpo.

40. *Preparacion.*—El agua oxigenada se prepara tratando el deutóxido de bario dilatado en agua por un ácido, y conservando la mezcla á una temperatura baja de unos 4 á 5° sobre cero durante la reaccion. Se produce una sal de protóxido de bario, mientras el gas oxígeno libre y al estado naciente se combina con el agua.

Supongamos que se haya empleado ácido hidroclórico. Si se descompone el hidroclorato de barita formado por medio del ácido sulfúrico, se producirá sulfato de barita insoluble, y el licor contendrá agua oxigenada, agua y ácido hidroclórico. Entonces podrá tratarse una nueva cantidad de deutóxido de bario, y asi sucesivamente. En fin, cuando los licores se hayan cargado suficientemente de oxígeno, se tratará la mezcla de agua oxigenada y de hidroclorato de barita por el sulfato de plata; se producirá sulfato de barita y cloruro de plata insoluble, y el licor quedará puro. Este será una mezcla de agua y de agua oxigenada, de la que podrá separarse el agua por medio del vacío y del ácido sulfúrico. (Para adquirir mas detalles, véase el tratado de química de M. Thenard.)

Pero si esta sustancia encuentra una aplicacion, serán inútiles tantas precauciones, porque la presencia de una sal en el agua en que se halla disuelta, no cambia en nada sus principales propiedades. Se limitará, pues, á tratar el deutóxido de bario por el ácido nítrico ó hidroclórico, de manera que produzca agua oxigenada, y un cloruro de bario ó un nitrato de barita, que se dejará en el agua, y se empleará este líquido como el agua oxigenada pura. Si la presencia de la barita puede ser perjudicial, se tratará el líquido por el sulfato de sosa, y quedará en disolucion un cloruro ó un nitrato de sodio, ambos inertes en la mayor parte de los casos.

Los resultados de esta reaccion son los siguientes:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
1 peróxido de bario....	1056,88	2 agua oxigenada	212,48
4 ácido hidroclórico seco	455,13	1 cloruro de bario	1299,53

De donde se sigue que 100 gramas (2003 granos) de peróxido de bario, deben suministrar 20 de agua oxigenada pura. Pero como es poco probable que haya necesidad de usarla en este estado en las artes y en la medicina, siendo suficiente las mas veces en el estado de dilatacion, veremos que la operacion suministra mayor cantidad, aun limitándose á 100 gramas de deutóxido de bario; con esta cantidad podrán producirse 20 gramas de agua (400 granos) á 475 volúmenes de oxígeno, ó bien 100 gramas á 70 vol., 200 (4006 granos) á 35 vol., 500 (10015 granos) á 14 vol., en fin, 1000 (20030 granos) á 7 vol.

41. *Usos.*—El alto precio de esta materia hace muy limitadas sus aplicaciones. M. Thenard se ha servido de ella para restaurar las pinturas antiguas, ennegrecidas por la trasformacion del carbonato de plomo en súlfuro de plomo. El contacto de una agua oxigenada muy débil, que será suficiente cuando contenga 5 ó 6 veces su volúmen de oxígeno, trasforma repentinamente el súlfuro pardo-obscuro de plomo, en sulfato, que es blanco. Por este medio se encuentra la tinta primitiva restablecida en toda su pureza. El esperimento hecho desde luego con buen éxito en un cuadro de Rafael, ha sido repetido despues, y lo será en lo sucesivo con acierto, aun en manos de poca esperiencia. Basta tocar ligeramente con un pincel mojado en el agua oxigenada las tintas ennegrecidas, para verlas al cabo de algunos segundos blanquear como por encanto. El respeto de los aficionados por los trozos

inimitables que el tiempo deposita sobre estos objetos preciosos, y que sirven para manifestar su época, y su orígen será el único obstáculo que impedirá trasportarlos todos á su belleza primitiva.

CAPITULO III.

CLORO.—ÁCICO HIDROCLÓRICO.—ÁCIDO CLÓRICO.—ÁCIDO PERCLÓRICO. — ÓXIDOS DE CLORO.

Cloro.

42. *Propiedades.*—El cloro al estado de pureza tiene un color amarillo verdoso ; su olor y sabor son desagradables y fuertes, produce una impresion particular de calor, que permite reconocerle fácilmente. Su densidad es de 2,4216, comparada con la del aire. Su poder refringente, segun Dulong, es de 2,623. Si se introduce una bujía encendida en una probeta llena de este gas, al momento la llama se vuelve pálida, enrojece y se apaga. Los colores vejetales puestos en contacto con este gas, se destruyen con rapidez. Basta para convencerse colocar en frascos llenos de cloro un poco de infusion de tornasol ó de violeta, petalos de rosa y tinta de escribir. Despues de un contacto mas ó menos prolongado, todas estas sustancias se hallarán decoloradas. Estos fenómenos se atribuyen á la afinidad que el cloro tiene con el hidrógeno que contienen estas sustancias. Mas adelante volveremos á tratar de esta materia.

43. El cloro es siempre gaseoso á la temperatura y presion ordinaria; pero sometiéndole á la vez á una presion fuerte y á una baja temperatura pasa al estado líquido. Bajo esta nueva forma ofrece un líquido amarillo intenso, muy fluido,

cristalino y escesivamente volátil, cuando vuelve á quedar espuesto á la presion ordinaria. Su densidad, comparada con la del agua, es poco mas ó menos de 1,33. Su poder refringente es un poco menor que el del agua, y su vapor á 15° c. sobre cero, posee una tension igual á cuatro atmósferas. Se le puede destilar en tubos encorbados, cerrados herméticamente, y su ebullicion parece principia á 37° c. sobre cero. Esta operacion no altera sus propiedades. No ha sido posible solidificarle, ni aun sometiéndole á una temperatura de 18° c. bajo cero. Todos estos resultados han sido observados por M. Faraday. (An. de quím. y de Fís., t. XXIV, p. 396.)

Cuando este cuerpo se halla al estado de gas puro y seco, el calórico, la luz y la electricidad no tienen accion sobre él. No pasa lo mismo cuando está húmedo, y para entender mejor los fenómenos que resultan de la presencia del agua, vamos á examinar como se conduce con este líquido.

44. A la temperatura de 20°, y bajo la presion ordinaria, el agua disuelve vez y media su volúmen de este gas. Esta disolucion presenta el color, olor y sabor iguales á los del cloro gaseoso. Su accion es la misma sobre los colores vegetales ó animales. Espuesta á un frio de 2 ó 3° sobre cero, produce cristales laminares de un amarillo subido. Si en tal caso se decanta el líquido escedente, pueden recogerse estos cristales, que son permanentes á la temperatura mencionada, pero que entran en fusion á la de 10 ó 12.° De esta manera se trasforman en una disolucion acuosa de cloro, y se desprende una gran cantidad de gas, de lo que resulta una efervescencia mas ó menos rápida. Se observa por este resultado que estos cristales deben ser considerados como un hidrato de cloro, y segun los esperimentos de M. Faraday, estan com-

puestos de 27,7 cloro y 72,3 de agua, ó aproxidamente 1 átomo cloro, y 5 átomos agua.

Si se hace pasar vapor de agua y cloro á un tubo de porcelana candente, se produce ácido hidroclórico y oxígeno: el agua en este caso es descompuesta por el cloro. La presencia de este cuerpo favorece mucho la descomposicion del agua por medio de la pila. Una disolucion de cloro suministra en tales circunstancias cloro y oxígeno en el polo positivo, é hidrógeno en el negativo. Es evidente que á medida que el agua se descompone se forma ácido hidroclórico, que se destruye á la vez; lo que esplica la trasposicion del cloro al polo positivo. Por último, los productos son tambien diferentes bajo la influencia solar. Por la accion del sol se forma ácido hidroclórico; el oxígeno se desprende, como lo haria por una temperatura elevada; pero se obtiene menos ácido y mucho menos oxígeno, lo cual es debido á la formacion de un ácido oxigenado: este es el ácido clórico. Es necesario concluir de aqui que los elementos de la disolucion acuosa de cloro son muy inconstantes, y que para conservarla es indispensable mantenerla á la temperatura ordinaria, encerrarla en frascos cubiertos de papel negro para privarla de la luz en lo posible, y que á pesar de estas precauciones debe perder poco á poco con el tiempo sus propiedades pasando al estado de ácido.

45. *Preparacion.*—El cloro se encuentra en gran cantidad en la naturaleza; pero siempre al estado de combinacion. Para obtenerla al estado de pureza pueden emplearse diversos métodos. El mas sencillo consiste en tomar 100 gramas (2003 granos) de ácido hidroclórico del comercio, que no es otra cosa que una disolucion saturada de este ácido en el agua, y 30 gramas (600 granos) de peróxido de manganeso

reducido á polvo. Se coloca el óxido en una redoma; se vierte poco á poco sobre él el ácido, y se agita durante algunos instantes á fin de poner en contacto todo el polvo con el ácido. Es de toda precision que el matraz ó redoma sea de una capacidad doble del volúmen de la mezcla, porque desde el instante del contacto, y con mayor motivo ayudado del calor, se desprende un gas que produce gruesas burbujas á la superficie del líquido, y se marchará una porcion fuera del vaso si este es demasiado pequeño. Estando bien limpio y seco el matraz por la parte esterior se coloca sobre un horno, en el cual se introducen algunos carbones encendidos, y por medio de un tubo encorvado, adaptado á su orificio, se recoge en el agua el gas que se desprende. Se dejan perder las primeras porciones hasta que el aire contenido en el aparato sea desalojado en su totalidad y reemplazado por el cloro, que se recoge en frascos esmerilados llenos de agua. La pureza de este gas se reconoce por la intensidad de su color, que es de un amarillo verdoso, y por la propiedad que tiene de disolverse en su totalidad en una disolucion acuosa de potasa. Es preciso tapar bien los frascos antes de separarlos del agua, teniendo cuidado de que se introduzca en ellos la menor cantidad posible de este líquido. La operacion se dará por terminada cuando la redoma que contiene la mezcla no presente en su parte interior el color propio del cloro. En este caso ya no se desprenderá sino el vapor de agua.

Facil es concebir los fenómenos que pasan en esta operacion. El ácido hidroclórico es un compuesto de cloro é hidrógeno; el peróxido de manganeso de oxígeno y manganeso. Asi se forma agua, cloruro de manganeso y cloro, que se desprende al estado gaseoso. El agua que se produce se une á la que contiene el ácido; el cloruro de manganeso queda disuelto

en este líquido, del cual puede estraérsele por la evaporacion. Se concibe bien que no quedaria ninguna cantidad de cloro en libertad si pudiera formarse un cloruro de manganeso correspondiente al peróxido. Los productos de la operacion serian en este caso agua y percloruro de manganeso; pero esta combinacion no se ha presentado todavia. La espresion numérica de los resultados es la siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
1 peróxido de manganeso.........	555,78	2 cloro.............	442,64
8 ácido hidroclórico.	910,24	2 agua.............	224,96
		1 protocloruro de manganeso....	798,42

46. En vez de servirse del ácido hidroclórico puede tambien emplearse la sal marina, que no es otra cosa que una combinacion de cloro y de sodio. Es necesario por lo tanto quitar el sodio de este compuesto. Esto se consigue mezclando íntimamente 50 gramas (1001 granos) de peróxido de manganeso, 200 de sal marina (4006 granos), que se muelen reunidas en un mortero de hierro ó de cobre. Se coloca la mezcla en un matraz, y se añaden 100 gramas de agua (2003 granos) y 100 de ácido sulfúrico concentrado, que se tiene cuidado de verter por pequeñas porciones, agitando el matraz vivamente cada vez. Es necesario que la capacidad del matraz sea doble del volúmen de estas cuatro sustancias. Se adapta al cuello del matraz un tubo encorbado, se calienta la mezcla suavemente y se recoge el gas en el agua lo mismo que en el esperimento anterior. Por las mismas señales que en la precedente se conoce cuando la operacion se ha terminado, y el resíduo que queda en el matraz consiste en sulfato de protóxido de manganeso y sulfato de sosa. De aqui se deduce, que el cloro ha desaparecido en su totalidad

y ha sido puesto en libertad enteramente. Para concebir lo que pasa en esta operacion, es necesario admitir que una porcion del agua se descompone, y que su oxígeno se emplea en oxidar al sodio, mientras su hidrógeno trasforma al cloro en ácido hidroclórico. La sosa que resulta se combina con el ácido sulfúrico, y origina el sulfato de sosa. El ácido hidroclórico obra á su vez sobre el peróxido de manganeso, resulta de nuevo cierta contidad de agua, cloro en libertad y sulfato de protóxido de manganeso. No puede producirse aqui un cloruro de manganeso, porque esta sal seria al momento descompuesta por el ácido sulfúrico, lo mismo que el cloruro de sodio. Para mejor facilitar la inteligencia y el cálculo de estos fenómenos, colocaremos aqui los resultados numéricos que espresan las diversas combinaciones relativas á estos tres periodos.

PRIMERA ÉPOCA. — *Momentos de la mezcla.*

1 áto. cloruro de sodio.	733,56
1 áto. peróxido de manganeso.	555,78
2 áto. ácido sulfúrico seco.	1002,32
1 áto. agua.	112,48

SEGUNDA ÉPOCA.

1 áto. sulfato de sosa.	892,08
1 áto. peróxido de manganeso, ...	555,78
1 áto. ácido sulfúrico seco.	501,16
2 áto. ácido hidroclórico.	455,12

TERCERA ÉPOCA. — *Operacion terminada.*

1 áto. sulfato de sosa.	89,208
1 áto. sulfato de protóxido de manganeso.	956,94

1 áto. agua.	112,48
2 áto. cloro.	442,64

La primera columna indica el estado de las materias antes del esperimento; la segunda, aquel en que se las supone cuando todo el cloruro de sodio se ha trasformado en ácido hidroclórico y en sulfato de sosa. Se advierte comparando la primera y la última série que la proporcion de agua permanece la misma, que los dos átomos de ácido sulfúrico son reemplazados por otros tantos de cloro, y que los óxidos de manganeso y de sodio se trasforman en sulfatos neutros, etc.

No debe creerse sin embargo, que los tiempos de la operacion estén divididos, como lo supone este cuadro, sino muy al contrario. Desde el principio del esperimento se manifiesta el desprendimiento de cloro, y continúa hasta el fin de la operacion; de donde se sigue, que todos los fenómenos mencionados pasan á la vez y en diversas partes de la mezcla. Pero ademas de la ventaja que se halla en general en presentar los fenómenos bajo condiciones sencillas, aunque teóricas, el cuadro precedente ofrece un interés particular bajo el punto de vista industrial.

47. Nos hallamos en el caso de preparar en grande cantidades considerables de cloro para las necesidades del comercio, y es facil convencerse, segun los resultados anteriores, que los procedimientos puestos en uso pueden sufrir modificaciones muy ventajosas. La segunda columna de nuestro cuadro nos ofrece una mezcla de 2 átomos de ácido hidroclórico, 1 átomo de ácido sulfúrico y 1 átomo de peróxido de manganeso; abstraccion hecha del sulfato de sosa, que no tiene accion alguna sobre los fenómenos ulteriores. La última columna nos indica que el ácido hidroclórico ha suministrado

2 átomos de cloro. Luego en el primer procedimiento, para obtener una cantidad igual tenemos que emplear 4 átomos de ácido hidroclórico; es decir, una cantidad doble. Será, pues, ventajoso en ciertos casos hacer uso de una mezcla de 4 átomos de ácido hidroclórico , 2 de ácido sulfúrico y 1 de peróxido de manganeso. Todo el cloro quedará libre , y resultará sulfato de protóxido de manganeso.

Por otra parte , el resíduo que hemos obtenido en el primer procedimiento consiste en cloruro de manganeso disuelto en el agua. Facil será estraerlo ventajosamente de otra manera. Si se mezcla en efecto este cloruro con peróxido de manganeso y ácido sulfúrico , se producirán una série de fenómenos absolutamente iguales á los que resultan de una mezcla de sal marina con las mismas sustancias. El cuadro que los espresa podrá servir para cerciorarnos, y bastará el sustituir en todas partes el átomo de manganeso al de sodio.

La discusion examinada de estos procedimientos nos conduce á dos métodos diferentes , propios para estraer una cantidad dada de ácido hidroclórico , y una cantidad de cloro doble de la que se obtiene por el procedimiento ordinario. Todos estos procedimientos son por lo demas igualmente fáciles. Sin embargo , daré la preferencia á aquel que consiste en tratar el peróxido de manganeso por una mezcla de ácido hidroclórico y sulfúrico. Para hacer uso de él, se introduce en los vasos el peróxido de manganeso, el agua, el ácido sulfúrico, y se añade por último el ácido hidroclórico en porciones. El cloro se desprende en seguida, y basta para terminar la operacion sostener por un fuego suave la temperatura desarrollada por la mezcla del ácido sulfúrico con el agua. La mezcla está por otra parte menos espuesta á elevarse por el gas que se produce en su interior. En fin , el cloro que se

desprende es mas seco; la presencia del ácido sulfúrico retarda el punto de ebullicion del agua, y permite al cloro desprenderse antes que la mezcla se enturbie.

48. Hasta ahora solo hemos examinado la preparacion del cloro en pequeño; es necesario indicar la modificacion que los aparatos deben esperimentar para la fabricacion en grande. En la época en que el cloro se introdujo en el arte del blanqueo, por Berthollet, se servian de disoluciones acuosas de cloro. En el dia le han sustituido con disoluciones de cloruro de cal. En el segundo caso como en el primero, es necesario desde luego estraer el cloro gaseoso y absorverle en seguida por el agua comun, ó por agua que contenga en suspension cal viva ó al menos creta.

Mas adelante volveremos á tratar del cloruro de cal, limitándonos por ahora á observar que este cloruro obra como lo haria una disolucion de cloro. Por lo demas, el aparato que se emplea para la produccion del cloro en grande es el mismo en ambos casos; veamos su descripcion.

Sea cualquiera el procedimiento que se prefiera, los vasos de vidrio ó de barro deben emplearse con mucha precaucion.

Efectivamente, el peróxido de manganeso se precipita siempre en la parte inferior de la mezcla, y forma una costra densa que se adhiere al vidrio ó al barro, é intercepta momentáneamente la comunicacion del líquido. La temperatura no tarda en elevarse en esta parte, mucho mas allá del punto de ebullicion de la mezcla, y cuando de repente se establece una trasporacion, la instantánea contraccion del vidrio ó del barro ocasiona la rotura de los vasos. Puede remediarse este inconveniente, calentando la mezcla al baño de María, ó bien calentando los vasos de vidrio ó de barro,

enlodados con una capa de arcilla, en un horno dispuesto de tal modo que el vaso no reciba la impresion directa del calor en su fondo, y que la llama le hiera solamente en los costados.

Por lo demas, los vasos de vidrio no pueden competir con los de barro ó de plomo que ordinariamente se emplean. Los vasos de barro que se fabrican espresamente tienen una capacidad de 60 á 80 litros (de 118 cuart. á 158) (los de Saint-Aubin), cerca de (Beauvais son muy apreciados); están provistos de una abertura de seis pulgadas de longitud, que sirve para introducir la mezcla y estraer el resíduo; tienen ademas una boquilla, en la cual se enchufa un tubo de vidrio ó de plomo, destinado á conducir el gas. (Lam. 6. fig. 2.) La juntura del tubo con la boquilla, se enloda con mucho cuidado por medio de un lodo graso; este se sostiene como de ordinario por una tira de vegiga bien atada con bramante fino. La abertura grande se cierra por un procedimiento muy sencillo. El cuello está ahondado formando una canal circular, que se llena de lodo graso. En seguida se coloca sobre este orificio un obturador de plomo, que tiene una salida correspondiente á la canal, y se cierra fuertemente por medio de una palanca fijada con charnela sobre la pared, y que se aprieta segun se desea por el auxilio de una cuerda doble, sujeta en la estremidad libre de la palanca, y á un anillo de hierro, bien fijado en el suelo. Torciendo esta cuerda por medio de un palo se puede dar el grado de presion necesaria en algunos segundos.

El gas pasa por un tubo de vidrio ó de plomo á un frasco de Woulf, donde se lava. Este frasco debe tener una capacidad de diez litros (20 cuart.); y debe estar provisto de un tubo de seguridad, y una llave destinada á estraer el

agua que contiene, cuando está cargada de una gran cantidad de ácido que siempre acompaña al gas.

De aqui pasa el gas á una cuba que puede tener ocho pies de diámetro y diez de altura; teniendo constantemente dos aparatos de gas en actividad. Esta cuba es ordinariamente de encina, guarnecida con aros de hierro, y debe estar embreada por fuera y barnizada por dentro con un barniz formado de cera, resina y trementina. Está cerrada por una tapa fija, en la que hay una abertura por la cual atraviesa un cilindro de madera barnizado igualmente. Este cilindro pasa la tapadera tres pies por la parte de adentro y sale otros tres á la de afuera: su diámetro es de dos pies. Esta abertura sirve para introducir el agua y la cal cuando se necesita. Sirve ademas para contener el líquido desalojado por el gas. Un tubo de vidrio colocado verticalmente en la parte esterior de la cuba y que comunica con su parte inferior por dentro, sirve para indicar los movimientos del líquido. Un tubo de plomo, colocado á algunas pulgadas sobre el fondo, facilita la salida del líquido, cuando la necesidad lo exige. Por último, una compuerta colocada bajo el mismo fondo permite la estraccion de los resíduos de cal cuando ha sido empleada.

En vez de vasos de barro enlodados pueden emplearse vasos de plomo; muchos fabricantes prefieren los primeros, porque pueden esponerse directamente al fuego, mientras los de plomo hay que calentarlos siempre por medio del vapor ó del baño-María. Estos vasos deben ser de una sola pieza, porque el cloro ataca con demasiada rapidez á las soldaduras de estaño, para que puedan resistir algunos dias solamente. Se ha introducido en uso formar estos vasos á manera de una cucurbita ancha y rebordada, cerrada por una cú-

pula que se sujeta sobre el borde por fuertes tuercas. Esta cúpula está tubulada en varios puntos para fijar los conductores del gas. (Lám. 6, fig. 2.)

Todos los tubos que se emplean en estos aparatos deben tener de una pulgada á 18 líneas de diámetro, á fin de evitar el riesgo que hay en invierno de que se obstruyan por el hidrato de cloro que se deposita en ellos.

Es preciso tener la precaucion de disponer algunos aparatos de reserva por si acontece algun accidente poder reemplazar al instante el aparato que queda inutilizado: por este medio no se interrumpe la operacion. Esta precaucion se concibe que se hace necesaria, sobre todo cuando se emplean vasijas de barro.

49 Ya solo nos resta indicar las proporciones de las diversas mezclas. El primer punto que se debe determinar consiste en reconocer el grado de pureza del peróxido de manganeso que se quiere emplear, y nada nos parece mas conveniente que recordar aqui los principios sentados por M. Gay-Lussac.

El que se encuentra en el comercio es de una pureza muy variable, y por consiguiente importa mucho conocerla. M. Berthier ha hecho el análisis de muchas especies de óxidos de manganeso (An. de quim. y de fís., tom. xx, pág. 344). Como la cantidad de cloro que pueden suministrar es la que debe fijar su valor, hemos formado segun este principio la tabla siguiente:

	Kilógramas.	Libras.
1 kilóg. de peróxid. de manganeso puro da	0,7964	1,7309
De Crettnich, cerca de Saarbruk	0,7525	1,6355

Calveron (Ande) sin calcáreo.........	0,7658	1,6644
Calveron con calcáreo.................	0,5754	1,2506
Perigüeux ó marcasita (Dordoña)....	0,5179	1,1256
Romaneche (Saona y Loira)..........	0,4692	1,0197
	á 0,5135	1,1160
Laveline (Vosges)......................	0,4648	1,0102
Pesillo (Piamonte) negro sin calcáreo.	0,4426	0,9619
Pesillo negro con calcáreo............	0,3320	0,7216
Sain-Marcel (Piamonte)..............	0,2789	0,6061
	á 0,3098	0,6716

Estos resultados hacen conocer aproximadamente el valor de estas diversas especies de manganeso ; mas para determinar la de un manganeso cualquiera , será preciso analizarlo , y se conseguirá con facilidad el objeto del modo siguiente:

El peróxido de manganeso puro está formado de:

Manganeso............	3,5578 gram.	(71,663 granos.)
Oxígeno..............,	2,0000	(40 granos.)
	5,5578	(111,322 granos.)

Lo que puede producir 4,4265 gram. de cloro, (88,662 granos) ó 1,3963 litros (111,53 pulg. cúb.) á la temperatura de 0°, y bajo la presion de 0.^{m} 76°; (32,731 pulgadas), por consiguiente 3,980 gram. (79,719 granos) producirán 1 litro de cloro, (79,87 pulgadas cúbicas) y 1 il. (2,1734 lib. podrá producir 251, 23 litros (20067,75 pulg. cubic.)

Se tomarán pues, 3,980 gram. (79,719 granos) del

óxido de manganeso que se desee ensayar, y se tratarán por el ácido hidroclórico á un calor suave, y el cloro que se desprenda se recibirá en poco menos de un litro de lechada de cal; un poco antes de terminada la operacion se hará hervir el ácido hidroclórico para hacer pasar el cloro que contienen los vasos á la lechada de cal, y se completará el volúmen de un litro añadiendo al cloruro de cal la cantidad de agua conveniente. La calidad de este cloruro dará exactamente la del óxido de manganeso. Al estudiar el cloruro de cal espondremos los principios de esta clase de ensayos.

El valor de un óxido de manganeso no depende solamente de la cantidad de cloro que puede producir, sino tambien de la de ácido hidroclórico que es necesario emplear para producir el cloro. Pero siendo la operacion muy delicada y estando á un precio bajo el ácido hidroclórico, no se debe poner en práctica. Haremos observar solamente que el peróxido de manganeso contiene muchas veces carbonato de cal, de barita y de hierro, que saturan enteramente una porcion de ácido hidroclórico, y que no hallándose siempre el manganeso al estado de peróxido, la cantidad de ácido hidroclórico que exige, no puede ser proporcionada á la del cloro obtenido.

50. Estos datos son útiles sobre todo para apreciar el peróxido de manganeso que se quiere comprar, porque para la preparacion del cloro podemos dirigirnos por observaciones muy sencillas, independientes de la pureza del óxido.

Cuando se emplea el peróxido de manganeso y el ácido hidroclórico, se introduce en los vasos 30 ó 40 kilógramas (65,2041 ú 86,9388 lib.) de ácido hidroclórico, y 10 ó 12 (21,7347 ó 26,0816 lib.) de peróxido de manganeso de Ro-

maneche. En esta operacion es necesario emplear siempre un esceso de peróxido de manganeso, que se separa en seguida del resíduo por decantacion. Lavando este peróxido para despojarle del cloruro, puede servir de nuevo. En muchas fábricas aprovechan el proto-cloruro de manganeso; esta sal es de un empleo muy útil en el estampado de telas; pero hay otras fábricas en que lo desprecian.

Para sacar buen partido, es necesario añadir al resíduo de esta primera destilacion una dosis de peróxido de manganeso igual á la primera, 8 ó 10 kilog. (17,3877 ó 21,7347 lib.) de ácido sulfúrico concentrado, igual cantidad de agua, y volver á empezar la operacion. Por este medio se obtendrá una cantidad de cloro igual á la que se ha obtenido desde luego.

El ácido sulfúrico podrá ponerse desde el principio, y de consiguiente se compondrá la carga de 10 ó 12 kil. de manganeso, 4 ó 5 kil. (8,6938 ó 10,8673 lib.) de ácido sulfúrico, igual cantidad de agua y 15 ó 20 kil. (32,602 ó 43,469 lib.) de ácido hidroclórico.

En fin, en el caso en que la mucha distancia de las fábricas de ácido hidroclórico obliguen á hacer uso de la sal marina, se tomarán 10 ó 12 kilógramas (21,734 ó 26,081 lib.) de peróxido de manganeso, 12 ó 15 kil. (26,081 ó 32,602 lib.) de sal marina 20 ó 24 kil. (43,469 ó 52,163 lib.) de ácido sulfúrico concentrado é igual cantidad de agua.

Con estas dosis, y haciendo uso del peróxido de manganeso de Romaneche, cada vasija debe suministrar cuatro metros cúbicos de gas (184,906 pies cúb.), haciendo como se puede facilmente seis operaciones al dia, bastan para saturar de cloro una cuba de agua que tenga las dimensiones que hemos indicado anteriormente.

51. *Usos.*—El cloro al estado de gas, en disolucion ó al de cloruro de cal, que obra como el cloro libre, se emplea en el dia en cantidades enormes. Es bien conocida la feliz aplicacion que Berthollet ha hecho de él en estos diferentes estados para el blanqueo de los hilos y de los tejidos de algodon, de cáñamo y lino. Se emplea tambien en algunas fábricas de papel para blanquear el trapo en pasta; se aplica igualmente para blanquearlas estampas viejas, restaurar los libros degradados, limpiar las manchas de tinta, etc.; por último, se emplea con una ventaja inmensa para desinfectar el aire ó las materias en putrefaccion. Facil es concebir que el modo de aplicarle debe variar segun las circunstancias, por lo cual cada una de sus aplicaciones se hallará especificada en su lugar. Para presentarlas aqui, nos veríamos obligados á manifestar demasiados detalles.

Todas estas aplicaciones del cloro están fundadas en la accion enérgica que ejerce este cuerpo sobre las materias orgánicas. Trasforma en general las materias colorantes en una sustancia amarilla ó morena, soluble en el agua y en los alcalís, y de un color ordinariamente muy débil comparativamente con las materias que le han producido. No se conocen los productos de su accion sobre los miasmas; pero es de presumir que en todos estos casos obra pasando al estado de ácido hidroclórico; esto es al menos lo que sucede con las materias colorantes, y con algunas materias pútridas, sobre las cuales se ha podido estudiar su accion. Asi apoderándose del hidrógeno de diversos compuestos orgánicos, alterados de esta suerte, los deja casi incoloros en un caso, y en otro los priva de sus propiedades nocivas. Seria conveniente que se examinasen con detencion estas diversas reacciones en todas sus partes.

Acido hidroclórico.

52. *Propiedades.*—Este ácido es siempre gaseoso á la temperatura y presion ordinaria; es incoloro; esparcido en el aire húmedo produce espesos vapores blancos, debidos á su accion sobre el vapor de agua. Apaga repentinamente los cuerpos en combustion; enrojece con mucha fuerza la tintura de tornasol. Su densidad es de 1,247; su poder refringente de 2,623; su olor es picante y tan fuerte, que no se le puede respirar sin peligro, aun en pequeñas cantidades. Sometido á un frio de 50° bajo 0° á la presion ordinaria, no cambia de estado; sin embargo, M. Faraday ha logrado liquidarle comprimiéndole fuertemente (1). Una série de chispas eléctricas le descomponen en hidrógeno y cloro, y sin embargo, una mezcla de cloro é hidrógeno detona por la accion de una chispa eléctrica. Se ve que esta mezcla dilatada en ácido hidroclórico gaseoso dejará de ser detonante por la chispa eléctrica.

El ácido hidroclórico no tiene accion sobre los cuerpos no metálicos, ni obra sobre los metales de las tres últimas secciones. No sucede lo mismo con los de la segunda y tercera; estos le trasforman siempre, ayudados de una temperatura mas ó menos fuerte, al estado de hidrógeno, convirtiéndose ellos, en cloruros metálicos.

53. *Composicion.*—El ácido hidroclórico está formado de volúmenes iguales de cloro é hidrógeno sin condensar; esto puede probarse de varios modos:

---

(1) Anal. de quí. y de fís., tom. XXIV, pág. 396.

1.° Combinando directamente el cloro y el hidrógeno bajo la influencia de la luz difusa. Para hacer este esperimento con exactitud, se toma un frasco y un balon de cristal, iguales en capacidad, y se ajusta el cuello del balon en el del frasco de modo que entre frotando. Se llena el frasco de hidrógeno seco, y el balon de cloro seco tambien; se ajustan los dos vasos, se enloda la juntura, y se abandona el aparato á la luz difusa durante dos ó tres dias. Los gases al cabo de este tiempo se hallarán casi enteramente combinados, y para terminar el esperimento, bastará esponer el aparato durante algunos instantes á la luz directa del sol. No hay que temer ninguna esplosion si los gases se hallan ya casi enteramente sin color. En fin, se abre el aparato y se encuentra lleno de ácido hidroclórico puro.

2.° Descomponiendo el ácido hidroclórico gaseoso por el potásio en una campana encorvada sobre el mercurio. En cien partes de gas descompuesto se encuentran precisamente cincuenta de hidrógeno.

3.° Considerando que la densidad media del cloro 1,235, añadida á la densidad media del hidrógeno 0,0344, da un total de 1,2694, número que diferencia bien póco de 1,2474, densidad del gas hidroclórico, hallado por los señores Biot y Arago.

La composicion del ácido hidroclórico es pues:

1 áto. cloro.	221,32	ó bien	97,26
1 áto. hidrógeno.	6,244		2,74
2 áto. ácido hidroclórico. .	227,564		100

54. *Accion del agua.*—El agua á la temperatura de 20° c., y bajo la presion de 0,76 metros (32,731 pul.), disuelve

464 veces su volúmen de gas hidroclórico, ó bien las tres cuartas partes de su peso. Asi se lanza en un vaso lleno de este gas con la misma rapidez que en el vacío. El sacudimiento que ocasiona á su entrada es bastante fuerte para romper el vaso, por lo cual debe hacerse este esperimento con mucha precaucion. Se procede llenando de este gas dos ó tres veces una probeta sobre el mercurio, á fin de desalojar todo el aire que pueda haber quedado adherido á sus paredes. Esta probeta se coloca sobre un platillo que contenga un poco de mercurio, y se trasporta á un barreño lleno de agua, introduciendo el platillo hasta que el agua cubra la boca de la probeta, sosteniéndole con una mano, mientras con la otra se agarra la probeta, teniendo la precaucion de ponerse en esta mano un guante, ó de envolverla en un paño para no lastimarse si se rompe la probeta, y en este estado se separa con prontitud la probeta del mercurio. La entrada del agua es tan rápida que la vista no puede seguir el movimiento.

El mismo yelo puesto en contacto con este gas se funde rápidamente y es absorvido.

El agua saturada de ácido hidroclórico adquiere una densidad de 1,21.

La tabla que sigue espresa las relaciones entre la densidad del ácido hidroclórico, y las cantidades reales de ácido que contiene, segun los esperimentos de M. Edm Davy. Las proporciones de ácido real están representadas por 100 partes de ácido líquido á la temperatura de 7°,22, y bajo la presion 0,76 metros. (32,732 pulg.)

Densidad.	Cantidad de ácido.	Densidad.	Cantidad de ácido.	Densidad.	Cantidad de ácido.
1,21	42,43	1,14	28,28	1,07	14,14
1,20	40,80	1,13	26,26	1,06	12,12
1,19	38,38	1,12	24,24	1,05	10,10
1,18	36,36	1,11	22,22	1,04	8,08
1,17	34,34	1,10	20,20	1,03	6,06
1,16	32,32	1,09	18,18	1,02	4,04
1,15	30,30	1,08	16,16	1,01	2,02

La disolucion acuosa de ácido hidroclórico es conocida bajo los nombres de *ácido muriático*, *ácido marino*, *espíritu de sal*, los cuales traen su orígen de la sal marina, que sirve para estraer este gas.

El ácido hidroclórico líquido y concentrado, debe ser blanco, muy ácido y aun cáustico, de un olor picante é insoportable; puesto en contacto con el aire esparce vapores blancos, espesos y picantes, debidos á la condensacion del vapor acuoso por el gas hidroclórico que se escapa de la disolucion. Esta propiedad cesa tan luego como el ácido se halla dilatado en agua, en cuyo caso la tension del gas queda casi enteramente destruida por la accion de este líquido.

Calentando el ácido hidroclórico, entra fácilmente en ebullicion y pierde una gran cantidad de gas; pero á cierta época se detiene el desprendimiento, y el resíduo que es todavia muy ácido destila con facilidad. Se puede, pues, obtener de esta suerte el gas hidroclórico puro, para los análisis. Para esto, basta tomar el ácido del comercio, que se halla á un precio muy bajo, y destilarle en una retorta provista de un recipiente tubulado. (Lám. 3. fig. 6), al que se adapta un tubo para dirigir el esceso de gas á la chimenea. Para que la pérdida de gas no sea muy grande basta poner en el reci-

piente un poco de agua destilada, y elegir una retorta cuyo cuello sea bastante largo, para que pueda colocarse dentro del agua del recipiente.

Es necesario tener presente que la retorta debe ser tubulada y estar provista de un tubo de seguridad, para evitar la absorcion que pudiera tener lugar.

El ácido hidroclórico líquido obra en los cuerpos símples del mismo modo que el ácido gaseoso. Asi no tiene accion alguna sobre los cuerpos no metálicos ni sobre los metales de las tres últimas secciones; pero disuelve á los de la segunda y tercera, dando lugar á un desprendimiento de gas hidrógeno, y á la formacion de un cloruro metálico.

55. *Preparacion.*—El ácido hidroclórico se obtiene tratando la sal marina ó cloruro de sódio, por el ácido sulfúrico concentrado. En esta operacion se forma sulfato de sosa, y el ácido hidroclórico que se desprende. El agua del ácido sulfúrico se descompone, su hidrógeno se combina con el cloro para formar el ácido hidroclórico, y el oxígeno se emplea en oxidar al sodio, y éste óxido en union con el ácido sulfúrico forma el sulfato de sosa. La espresion exacta de este fenómeno es la siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
1 cloruro de sodio..	733,56		
1 ácido sulfúrico seco..................	501,16	1 sulfato de sosa....	892,08
2 agua...............	112,48	4 ácido hidroclórico.	455,12

Nada hay mas facil que esta operacion en pequeño. Se toma sal marina que haya esperimentado la fusion ignea, á fin de obtenerla en fragmentos mas voluminosos y compactos. Esta sustancia se coloca en una redomita ó en un matraz, al

cual se adapta un tubo encorbado, á propósito para recoger el gas (Lám. 4, fig. 13); se introduce el ácido sulfúrico concentrado, y el desprendimiento del gas se efectúa á la temperatura ordinaria. Al cabo de algunos instantes es necesario elevar la temperatura del aparato para facilitar la reaccion; pero bastan para esto dos ó tres carbones encendidos, porque esta descomposicion se efectúa muy fácilmente. Hasta poco antes de terminar la operacion no hay necesidad de elevar mas la temperatura, particularmente si no se ha empleado un esceso de ácido sulfúrico.

Hemos recomendado el empleo de la sal marina fundida, porque haciendo uso de la sal comun en polvo ó en cristales pequeños, la reaccion seria tan rápida y tumultuosa, que la mezcla saldria casi toda del vaso, y vendria á obstruir los tubos.

El gas hidroclórico puede recogerse sobre el mercurio, y puede considerársele como puro, cuando es absorvido en su totalidad por el agua. Si se quieren obtener grandes cantidades de ácido hidroclórico gaseoso, puede estraerse de otra suerte y hacer uso de la sal marina comun. Para esto se introducirá esta sal en un matraz (Lám. 4, fig. 2), y se adaptará al cuello de este un tapon atravesado por dos agujeros, que servirán para colocar un tubo encorbado para recoger el gas, y para fijar un embudo en S para la introduccion del ácido. Por este medio puede moderarse á voluntad del operador el desprendimiento de gas, disminuyendo ó aumentando la cantidad de ácido. El aparato se calentará poco á poco hasta que la sal marina esté completamente descompuesta.

56. Este último aparato es el que se emplea comunmente para la preparacion del ácido hidroclórico líquido. En este caso se toman pesos iguales de sal marina y ácido sulfúrico.

Este se dilata en una tercera parte de su peso de agua, y se practica la operacion del modo ordinario, es decir, que estando la sal colocada en el matraz, se vierte el ácido poco á poco por el embudo en S. El aparato se modifica solamente, de modo que el gas se halle precisado á atravesar muchos vasos que contienen el agua destinada á condensarle (Lám. 4, fig. 2). Estos vasos deben ser frascos de Woulf, provistos de sus tubos de seguridad, y deben contener á lo mas las dos terceras partes de su volúmen de agua. Los tubos que conducen el gas á este líquido, solo deben estar colocados algunas líneas dentro de él, á fin de evitar una presion mas fuerte, que seria inútil. En efecto, á medida que el agua se satura de gas ácido hidroclórico, se hace mas pesada y se coloca en la parte inferior del frasco, quedando siempre el agua pura en la parte superior, y presentándose sin cesar al orificio del tubo. El gas no puede sustraerse á la condensacion sino cuando todo el líquido está completamente saturado. La temperatura se eleva mucho durante la disolucion; es necesario por lo tanto tener cuidado de colocar los frascos en agua fria, y renovarla á medida que se calienta.

En fin, el agua saturada aumenta de volúmen, lo que esplica bien la necesidad que hay de no llenar los frascos al empezar la operacion.

Una kilograma (2,1734 libras) de sal marina fundida es suficiente para saturar 700 gramas (14021 granos) de agua á la temperatura de 15 ó 20°.

57. Bien comprendidos todos estos procedimientos, será facil entender las modificaciones que deben esperimentar para aplicarlos á la fabricacion en grande.

Esta fabricacion no ha empezado verdaderamente hasta la época en que se ocuparon de la elaboracion de la sosa artifi-

cial. La necesidad de adquirir grandes masas de sulfato de sosa para convertirla en sosa artificial, hizo inevitable la formacion de cantidades enormes de ácido hidroclórico. Los primeros ensayos para la condensacion de este ácido fueron hechos en los obradores de M. Payen; descomponian la sal marina por el ácido sulfúrico á 55° en grandes calderas de plomo, cubiertas con tapas de este metal y enlodadas. El gas ácido que se desprendia circulaba forzosamente por un conducto de ladrillos arcillosos de 600 metros (2153,35 pies) de longitud. Este gas se condensaba por una capa de agua de algunas líneas, que corria lentamente en sentido contrario del gas, y con una inclinacion de 5 milímetros por metro (2,58 líneas); por esta disposicion, el ácido hidroclórico llegaba tan concentrado cuanto era posible, y bastante puro á la estremidad de este conducto mas próximo al aparato, mientras que en la estremidad opuesta el agua de condensacion disminuia gradualmente de densidad, concluyendo por estar casi pura. Este aparato era bastante perfecto; pero no pudiéndose terminar la descomposicion de la sal marina en las calderas de plomo, se veian precisados á retirar la mezcla líquida todavia, y concluir la reaccion en un horno de reverbero, perdiendo de este modo la mitad del ácido hidroclórico; y por otra parte la gran cantidad de gas que se desprendia durante el trasporte, sofocaba á los obreros hasta el punto de hacerlos arrojar muchas veces esputos de sangre.

Cuando se estableció el uso de la sosa artificial, era tan grande su consumo que el ácido hidroclórico desprendido y recogido no tenia empleo ninguno. Entonces preferian operar la reaccion sin condensar los gases; pero en este caso las enormes cantidades que se esparcian en la atmósfera eran nocivas á la vejetacion, aun á grandes distancias de las fábri-

cas, cuando el humo que arrastraba al gas era rebatido hácia el suelo por los vientos ó condesado por las nieblas. Para evitar este inconveniente, hicieron circular los gases por vastos subterráneos, donde se condensaban por corrientes de agua. Mas adelante se estendió el empleo del ácido hidroclórico, y su adquisicion se hizo útil. Entonces trabajaron sobre los medios mas á propósito de recogerlo.

El método de M. Payen, muy bueno para la condensacion, pero muy imperfecto para la produccion del gas, puede sin embargo ofrecer algunas ventajas, cuando se quiere aprovechar parte del calor perdido en los hornos de sosa, para calentar la mezcla de ácido sulfúrico y de sal marina, como se practica en el aparato llamado *de los bastrinques*.

Los inconvenientes de este procedimiento son tales, sin embargo, que no pudo ser empleado largo tiempo, y fué bien pronto abandonado por otros, entre los cuales se distinguen dos especies de aparatos, los de las calderas y los de los cilindros.

Los aparatos de calderas y cilindros no difieren del que acabamos de indicar sino en que la caja de plomo se halla reemplazada por calderas ó tubos de fundicion, en los cuales se opera la reaccion.

Daremos una idea de estos diversos aparatos. En el de los bastrinques se utiliza el calor de los hornos de sosa; para este efecto se dispone á continuacion del referido horno un depósito de plomo de dos metros de largo (7,177 pies) sobre 1,66 de ancho (5,957 pies) y 0,33 de profundidad (1,184 pies). Este depósito se halla cubierto de placas de fundicion, y está recibido en la pared de tal modo, que las placas se encuentran á nivel del paso de la llama del horno de reverbero, y que la bóveda de este horno prolongada forma otra

bóveda sobre el depósito, de suerte que la llama corra directamente sobre las placas y se vea forzada á volver sobre sí misma, pasando por debajo de este depósito, donde se divide para entrar en dos galerías que están dirigidas á lo largo de sus costados, y llega en seguida á la chimenea.

El depósito se halla pues espuesto por todas partes á la accion del calor.

Se ponen comunmente 1200 kilógramas de sal marina (260,816 libras) que se introducen por medio de una puertecilla; en seguida se ponen 1320 kil. (2868,98 libras) de ácido sulfúrico concentrado á menos de 54° por medio de un tubo colocado en la parte superior del depósito.

Como el ácido hidroclórico se desprende mezclado con vapor de agua, basta para condensarlo hacerle pasar por tubos de barro, refrigerados por el agua fria.

Pero se presenta en este procedimiento el mismo inconveniente que antes hemos espuesto. Siendo la caldera de plomo no puede elevarse la temperatura lo suficiente para terminar bien la descomposicion; ademas es indispensable que el resíduo esté líquido, porque de lo contrario la caldera se desgastaria en poco tiempo con el rozamiento que ocasionaria su estraccion. Resulta de esto, que en el momento de la estraccion del resíduo el gas hidroclórico se desprende todavia en abundancia, y hace esta parte de la operacion muy incómoda para los obreros. Ademas, la descomposicion es imperfecta, la condensacion lo es igualmente, y sea cualquiera el cuidado con que se practique la operacion, siempre se pierde la tercera parte del ácido.

Poco nos detendremos sobre el aparato de calderas. En todas las artes de este género, las calderas han sido reemplazadas por los cilindros en las fábricas bien dirigidas. En efec-

to, en este género de aparatos, ó bien se establece una presion, en cuyo caso es necesario unos ajustes sencillos y fáciles de enlodar, ó bien esta presion no se efectúa, y entonces hay pérdidas muy grandes.

La eleccion entre las calderas y los cilindros se ha decidido por esta sola consideracion, porque veremos que los cilindros son mucho mas fáciles de cerrar que las calderas, y mucho menos incómodos para los obreros.

Las calderas son fundidas; tienen un reborde sobre el cual se aplica la cubierta de plomo, que se fija por medio de unos pasadores, y tiene los tubos destinados á conducir el gas y á introducir el ácido sulfúrico concentrado. Es necesario, pues, á cada operacion separar los tubos, y los obreros que se hallan colocados inmediatamente sobre la caldera reciben todo el gas que se desprende todavia.

No puedo menos de tomar parte en la opinion de Monsieur Payen, autor de un escelente artículo sobre la fabricacion de este ácido (Diccion. tecn.), y considero todos estos procedimientos como muy inferiores á los de los cilindros.

En estos, los cilindros están horizontales; en una de sus estremidades se fija un tubo que sirve para conducir el gas; en la otra hay un fondo movible que se levanta para introducir la sal, de modo que la introduccion de las materias y la estraccion de los resíduos, se practica sin incomodidad y sin necesidad de tocar á los lodos de los tubos del aparato condensador. (Lám. 7, fig, 1 y 2.)

La longitud de los cilindros es comunmente de 1,66 metros (5,957 pies) 0,5 de diámetro (1,794 pies) y 0,03 de espesor (0,1076 pies.)

Es preciso poner mucho cuidado en su eleccion, porque

las desigualdades de grueso y los rezumes los ponen pronto fuera de servicio.

Estos cilindros están cerrados en sus estremos por unos discos de bronce de 3 céntim. de grueso; entran y se apoyan sobre un pequeño rebajo circular. Estos discos tienen por la parte esterior un puño de bronce fundido con ellos y un pequeño cañon inclinado de fuera adentro. Cuando el aparato está montado los cañones deben estar hácia arriba, porque sirven por un lado para introducir el ácido, y por el otro para adaptar el tubo de vidrio ó de barro que conduce el gas al condensador. La inclinacion de los cañoncitos facilita la introduccion del ácido sulfúrico, y pone obstáculos á su salida, de modo que pasa menos cantidad á los recipientes durante la destilacion. Los cilindros están colocados dos á dos en los hornos destinados para ello; pero estos hornos, cuyo número asciende comunmente á diez, reposan sobre un solo macizo, y solo tienen una chimenea. La única observacion importante que presenta su construccion, consiste en disponer todos los cilindros de modo que se hallen en contacto inmediato con la llama por toda su superficie, á fin de que sus dilataciones sean muy uniformes y la temperatura esté igualmente elevada en todos sus puntos. El cuidado del fuego es por otra parte muy sencillo: en los primeros momentos se aplica un fuego activo á fin de elevar la temperatura de la mezcla. Cuando la destilacion está bien establecida se disminuye, y cuando se va aproximando á su término se aviva de nuevo con el objeto de concluir bien la reaccion.

Se ponen en cada cilindro 80 kilóg. de sal marina, (173,877 libras) y despues de haber enlodado el obturador, se introducen 64 kilóg. (139,102 libras) de ácido sulfúrico, á 66°, ó

mejor 67 kilóg. (141,622 libras) de ácido á 64°, que es menos caro y mas á propósito para la descomposicion de la sal marina.

58. De todos los aparatos de condensacion que me son conocidos, me parece mas ventajoso el de M. Payen. Presentaré la descripcion que hace de él este hábil químico.

«El primer cilindro comunica por un tubo encorbado con un vaso provisto de dos bocas tubulares, de las cuales la segunda envia por otro tubo encorbado á otro vaso el gas que no se ha condensado. Este segundo vaso recibe tambien el gas desprendido del segundo cilindro, y envia por un tercer tubo encorbado el gas sin condensar de estos dos primeros á un tercero, que recibe igualmente el gas desprendido del tercer cilindro, y sigue asi hasta el último vaso que recibe el gas que se escapa de todos los otros, y ademas el que se desprende del último cilindro, y todo el gas que este último vaso no puede condensar lo envia á otra segunda fila que contiene el mismo número de vasos (unos veinte), donde pasa de uno en otro hasta su completa condensacion.

Es conveniente que la primera fila de botellas esté enteramente colocada en el agua, que se renueva lentamente entrando por la parte inferior del depósito que la contiene, á la estremidad donde se halla el último vaso, y sale caliente á la otra estremidad por la parte superior del depósito.

En la segunda fila de vasos es donde se recoge el ácido hidroclórico mas puro; el que se condensa en la primera contiene siempre un poco de ácido sulfúrico, y algunas veces sulfato de sosa y cloruro de hierro. Todas estas botellas deben contener la mitad de su capacidad de agua pura, que absorverá $\frac{2}{3}$ de su peso de gas ácido hidroclórico.

Este aparato de condensacion es poco conocido, aunque

muy preferible á la mayor parte de los que se advierten comunmente en las fábricas; tiene ademas la ventaja de no ser mas dispendioso ni mas difícil de montar; obteniendo con él, por otra parte, mayor cantidad de ácido y mas puro que en aquellos. Se obtienen de 100 partes de sal marina 130 de ácido hidroclórico á 23 grados del areómetro de Baume, ó bien 1,190 de pesantez específica, lo que suministra al poco mas ó menos 39 de ácido real. Luego la sal marina que se entrega á los fabricantes no representa, á causa del agua y de las materias estrañas que contiene, sino $\frac{95}{100}$ de sal pura, que equivalen á 43 por $^{0}/_{0}$ de ácido real: habiendo obtenido 39, no es posible ya operando en grande aproximarse mas.»

El sulfato de sosa que resulta cuando se ha terminado la operacion, se aplica ya á la fabricacion de la sosa artificial, ya á la del vidrio. En uno y otro caso importa que esté lo mejor posible purgado de sal marina; y cuando se destina á la vidriería, interesa ademas que se halle libre de un esceso de ácido.

Es probable al menos que sea el ácido sulfúrico libre el que ocasiona la destruccion rápida de los crisoles, de lo cual se han quejado algunos fabricantes de vidrio desde que el sulfato de sosa se introdujo en esta industria.

Hemos dicho que el ácido hidroclórico líquido y puro era blanco, pero no es asi el del comercio; su color es siempre de ambar; y lo debe ordinariamente al percloruro de hierro que tiene en disolucion. Contiene ademas muchas veces ácido sulfúrico, del cual es preciso precaverse cuando se emplea aquel, porque su presencia puede ser perniciosa.

Ácido clórico.

59. *Preparacion.*—Ya hemos dicho (44) que el cloro disuelto en el agua reaccionaba sobre este líquido bajo la influencia solar; que pasaba al estado de ácido hidroclórico, desprendiendo una parte del oxígeno del agua, que se combinaba con el resto de este oxígeno, y daba orígen á un ácido oxigenado. Si los principios desarrollados en nuestra introduccion han sido bien comprendidos, será facil de prever que la formacion de este último ácido será favorecida por la presencia de una base poderosa, tal como la potasa ó la sosa, en disoluciones concentradas.

Esto es en efecto lo que pasa, y en este principio está tambien fundada la preparacion de los cloratos, y de consiguiente la del ácido clórico. Mas adelante examinaremos con detencion la preparacion del clorato de potasa, limitándonos por ahora á indicar el principio sobre que se funda. Haciendo pasar una corriente de cloro puro al traves de una disolucion concentrada de potasa, se producirá cloruro de potasio y clorato de potasa: es decir, que el oxígeno de la potasa que se trasforma en cloruro producirá ácido clórico, combinándose con una cantidad conveniente de cloro. Siendo el clorato de potasa menos soluble que el cloruro de potasio, se separa de este cuerpo con facilidad por la cristalizacion.

El clorato de potasa se trasforma en clorato de barita, cuando se quiere obtener el ácido clórico. Para esto es necesario disolver el clorato de barita en el agua, y verter poco á poco ácido sulfúrico dilatado, hasta que el licor no se enturbie ni por este ácido ni por la misma barita; filtrar este líquido y evaporarle suavemente hasta darle una consistencia oleosa. En

esta preparacion el ácido sulfúrico precipita la barita del clorato y separa su ácido, que se une al agua tan íntimamente que es imposible separarlos sin descomponerle.

60. *Propiedades.*—El ácido clórico está siempre al estado líquido, no tiene olor ni color, su sabor es muy ácido. Cuando se introduce en él una tira de papel teñido con tornasol al momento se enrojece; pero al cabo de algunos dias todo el color desaparece. Segun la observacion de M. Vauquelin, no tiene accion alguna sobre la disolucion de indigo en el ácido sulfúrico. La luz no le hace esperimentar alteracion, puede ser concentrado por un calor moderado como ya hemos dicho. Los ácidos hidroclórico, hidrosulfúrico y sulfuroso, le descomponen á la temperatura ordinaria, y producen el primero oxígeno y cloro; el segundo agua, azufre y cloro, y el tercero cloro y ácido sulfúrico. El ácido nítrico no tiene accion sobre él; se une con las bases y produce sales, que mezcladas con el carbon y con el azufre detonan fuertemente por el choque ó por el calor. No enturbia la disolucion de plata que el ácido hidroclórico, el cloro y el óxido de cloro precipitan siempre de repente; en fin no precipita ninguna disolucion metálica.

61. *Historia.* — M. Bertollet, á quien se debe el descubrimiento de los cloratos, habia observado bien que estas sales debian contener un ácido particular; pero no lo habia separado de las bases á que estaba unido en esta clase de compuestos. M. Gay-Lussac fué el primero que lo obtuvo aislado, y de su memoria (An. de qui., t. XCI. pág. 108) hemos sacado la mayor parte de cuanto llevamos dicho relativo á este ácido.

El ácido clórico no existe en la naturaleza libre ni combinado.

62. *Composicion.* — M. Gay-Lussac la ha establecido segun los productos de la descomposicion del clorato de potasa

por el fuego (18). Perdiendo á la vez el clorato de potasa por el calor, el oxígeno de la potasa y el del ácido, mientras que el cloro y el potasio se combinan, se advierte que 1 át. produce 6 de oxígeno y 1 de cloruro de potasio. Este último contiene 2 át. de cloro y la potasa contenia 1 de oxígeno. Resultan, pues, 5 átomos de oxígeno y dos de cloro para la composicion del ácido clórico. Es decir:

2 át. cloro.	442,64	ó bien	46,97
5 át. oxígeno.	500,00		53,03
1 át. ácido clórico. . . .	942,64		100,00

63. *Usos.* — El ácido clórico no tiene aplicacion en el estado de pureza; pero combinado con la potasa, da origen á una sal que se emplea mucho, y que debe todas sus propiedades al ácido que contiene.

Ácido perclórico y óxido de cloro.

64. Nos limitaremos á indicar solamente estas combinaciones. Su existencia debe ser conocida de los fabricantes que manejan el clorato de potasa, porque en muchos casos su produccion instantánea y sus propiedades singulares dan al clorato de potasa aplicaciones útiles.

Se distinguen dos óxidos de cloro. Sin embargo es muy posible que solo exista uno. Como es muy dificil obtenerlos puros y manejarlos, no se ha podido hasta el presente disipar las dudas, que aun quedan sobre este punto. Con todo trataremos este asunto como si verdaderamente no existiera sino uno, y manifestaremos los motivos que tenemos para ello.

La formacion del que considero como el único admisible,

está esencialmente ligada con la del ácido perclórico. Este óxido fué descubierto por M. Davy, y el ácido perclórico por el conde Stadion. Ambos se producen al mismo tiempo, siempre que se trata el clorato de potasa por el ácido sulfúrico concentrado ó poco dilatado. Pero es un esperimento dificil de ejecutar, porque el óxido de cloro es un gas que detona tan fácilmente por el calor, que el que se desarrolla por la reaccion del ácido sulfúrico concentrado sobre el clorato, es suficiente por efectuar su detonacion. Cualquiera puede fácilmente convencerse de esto, colocando sobre un ladrillo algunos granos de clorato de potasa, y vertiendo encima algunas gotas de ácido sulfúrico concentrado. Al momento se desprende un gas verdoso que es el óxido de cloro, y se perciben pequeñas detonaciones, al mismo tiempo que la mezcla salta hácia todas partes con tanta mayor violencia cuanto mas considerable es la masa sobre que se opera.

Para disminuir todo lo posible el peligro que acompaña á esta operacion, es necesario emplear el ácido sulfúrico dilatado en la mitad de su peso de agua, tomar el clorato en polvo y formar una pasta revolviéndole con este ácido, despues de haberle dejado enfriar. Esta pasta se introduce en un tubo de una pulgada de diámetro y seis de longitud, á cuyo orificio se adapta un tapon que contiene un pequeño tubo encorbado de poco mas de una línea de diámetro. Es necesario tener cuidado en que la pasta llene el tubo grande hasta cerca del tapon. Estas precauciones tienen por objeto reducir el espacio vacío á un punto tal, que el gas que pueda reunirse no dé jamás lugar á una detonacion violenta. El tubo grande debe estar dispuesto al poco mas ó menos verticalmente y colocado en un vaso lleno de agua; el pequeño debe ir á la cuba de mercurio si se quiere recoger el gas, ó á un vaso que conten-

ga agua si se quiere perder. Dispuesto todo de esta manera, se calienta el agua del vaso que contiene el tubo grande, y al momento se desprende el óxido de cloro, que se dirige á las probetas donde se recoge. Cuando la operacion está terminada, queda por resíduo en el tubo una masa salina formada de sulfato, de clorato y de perclorato de potasa.

El gas óxido de cloro contiene medio volúmen de cloro y un volúmen de oxígeno condensado en uno solo.

El ácido perclórico está formado de dos volúmenes de cloro y siete de oxígeno.

Siendo compuesto el ácido clórico de dos volúmenes de cloro y cinco de oxígeno, es evidente que bajo la influencia del ácido sulfúrico, se efectúa su division del modo siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
3 clorato de potasa.	4591,65	8 óxido de cloro....	1685,28
2 ácido sulfúrico seco................	1002,32	1 percló. de potasa.	1730,35
		2 sulfato de potasa.	2178,14

Algunas palabras relativas á estos dos nuevos cuerpos, nos bastarán para conocer lo que se sabe de sus propiedades.

65. El óxido de cloro es gaseoso á la presion ordinaria, y se liquida bajo una presion mas fuerte. Su color es verdoso, su densidad debe ser igual á la del oxígeno, mas la densidad media del cloro, es decir, 2,315; su olor es aromático y no se asemeja en nada al del cloro. Destruye la tintura de tornasol sin enrojecerla primeramente. A 100° detona de repente, y se trasforma en cloro y oxígeno. El contacto del fósforo le hace detonar repentinamente, y se produce sin duda ácido fosfórico y cloruro de fósforo. La mayor parte de los otros cuerpos no obran sobre él sino á una temperatura elevada,

y los productos son fáciles de prever. El iodo solamente ofrece resultados particulares que espondremos bien pronto.

El agua absorve rápidamente á este gas, toma un color amarillo, y un sabor astringente y corrosivo muy desagradables.

66. La preparacion del ácido perclórico es muy sencilla; se toma el resíduo salino de la operacion precedente, ó mas bien el resíduo de una operacion igual hecha en una cápsula, á fin de poder operar mas en grande sin peligro, y perdiendo en ella todo el gas que se desprende.

Este resíduo contiene, como ya hemos dicho, sulfato, clorato y perclorato de potasa. Puede destruirse casi todo el clorato añadiendo un poco de ácido sulfúrico debilitado, removiendo bien la mezcla y sosteniendo su temperatura á 90° algunos instantes. La masa restante es muy ácida, y como el sulfato ácido de potasa es mucho mas soluble que el perclorato, basta disolverlo en agua, ponerlo todo en un filtro y lavarlo hasta que el agua de lavadura no obre sobre la tintura de tornasol; el perclorato queda casi todo en el filtro.

En efecto, 100 partes de clorato de potasa deben suministrar 37 de aquel á poco mas ó menos, y solo se obtiene 28 á lo mas. La pérdida no es muy grande teniendo en cuenta las muchas lavaduras que es preciso ejecutar.

Nada hay mas facil que estraer el ácido del perclorato de potasa. Para esto se mezcla una parte de esta sal con media de ácido sulfúrico dilatado en una tercera parte de su peso de agua: se coloca esta mezcla en una retorta de vidrio, y se somete á la destilacion, elevando la temperatura hasta los 140° c. El ácido perclórico se desprende en forma de vapores blancos, que se condensan en un balon de vidrio, que se adapta al cuello de la retorta y produce un líquido incoloro; pero este

ácido no está puro, contiene ácido sulfúrico y ácido hidroclórico. Para separarle se trata el líquido por la barita, y el óxido de plata en cantidades convenientes para apoderarse de estos dos ácidos. Será mas sencillo separar el ácido hidroclórico por medio del sulfato de plata, que formará un cloruro insoluble, y cuyo ácido se unirá al ácido sulfúrico que existe ya en el líquido.

En cuanto á este último ácido bastará para retirarle poner un corto esceso de carbonato ó de óxido de plomo. En este caso se formará un sulfato de plomo insoluble, y el licor filtrado será una mezcla de perclorato de plomo y de ácido perclórico. El óxido de plomo podrá separarse por el hidrógeno sulfurado, que ocasionará agua y sulfuro de plomo insoluble. En esta disposicion se filtrará el líquido de nuevo, y se obtendrá el ácido puro. Para concentrarle se colocará bajo una campana neumática y se hará el vacío; habiendo colocado igualmente dentro de la campana una cápsula con ácido sulfúrico para absorver el vapor de agua que se vaya formando.

67. Este ácido no tiene color ni olor; enrojece la tintura de tornasol sin destruir su color. Es mucho mas estable que el ácido clórico, propiedad bastante singular por cierto. Efectivamente, el calor descompone este último, mientras el primero se puede destilar sin dificultad. Los ácidos hidroclórico, sulfuroso, hidrosulfúrico, que descomponen de repente el ácido clórico, no tienen accion sobre el perclórico. Las sales de plata no esperimentan de su parte ninguna alteracion, aunque se asemeja al ácido clórico. Ya hemos observado que el cloro, el ácido hidroclórico y el óxido de cloro, enturbian de repente sus disoluciones. En fin, el perclorato de potasa, única sal de este género que ha sido estudiada, difiere mucho del clorato de potasa, en que aquella no detona sino dificil y

débilmente con las materias que esta última producen detonaciones terribles.

Se ha practicado el análisis de este ácido descomponiendo el perclorato de potasa por el fuego del mismo modo que el del clorato. Los resultados de su descomposicion son tambien cloruro de potasio y oxígeno.

68. Muchos químicos admiten que puede obtenerse otro óxido de cloro, tratando el clorato de potasa por el ácido hidroclórico. El aparato se dispone como el precedente, y la operacion se conduce del mismo modo con la diferencia de remplazar el ácido sulfúrico por el hidroclórico, cuya densidad sea de 1,10 aproximadamente. Se desprende un gas análogo al que acabamos de examinar, pero lo juzgamos una mezcla de cloro y de óxido de cloro. Efectivamente, puesto en contacto con el agua, se disuelve una parte quedando en libertad cloro. Esta disolucion ofrece todas las propiedades de la que se obtiene por el óxido de cloro. Al descomponerse 100 volúmenes de este gas, producen 80 volúmenes de oxígeno y 40 de cloro. La condensacion será, pues, de $\frac{1}{6}$ del volumen total, lo cual no tiene ejemplo. Estos resultados estarian perfectamente representados por una mezcla de 3 volúmenes de cloro y 2 de óxido de cloro. En fin, se puede al preparar este gas no obtener sino cloro; basta para esto hacer uso de un esceso de ácido hidroclórico.

Parece que operando como se hace sobre el mercurio, todo el gas libre debia ser absorvido por este metal; pero el peligro que acompaña siempre á estos esperimentos, esplica la incertidumbre que dejan con respecto á esto. Es necesario tener presente que los óxidos de cloro detonan con violencia, no solamente por una elevacion de temperatura débil, sino tambien espontáneamente; ya al tiempo de trasvasar estos ga-

ses, ya al recogerlos, ó bien cuando son abandonados á sí mismos y que nada en apariencia perturba el equilibrio de sus moléculas, de lo cual hemos sido testigos muchas veces. Las detonaciones son muy fuertes, los gases aparecen luminosos y los vasos que la mayor parte de las veces se rompen, son lanzados á lo lejos con violencia.

CAPITULO IV.

BROMO. — ÁCIDO HIDROBRÓMICO. — ÁCIDO BRÓMICO. — CLORURO DE BROMO.

69. El bromo es una sustancia muy notable bajo todos aspectos, bien sea por sus propiedades, bien por las circunstancias de su descubrimiento. No habia todavia ningun indicio de su existencia, cuando por investigaciones hechas con un cuidado y sagacidad dignas de los mas grandes elogios, M. Balard llegó no solamente á separar este cuerpo de las aguas madres de los pantanos salinos, sino tambien á establecer sus caracteres de una manera tan completa, que ha dejado poco que hacer para lo sucesivo á los químicos que deseen ocuparse en este estudio. El bromo debe colocarse evidentemente entre el cloro y el iodo; sus propiedades presentan la mayor analogía con las de estos dos cuerpos, y por una singularidad de estas tres materias, aun parece se hallan ligadas geológicamente, porque en estos últimos tiempos se ha encontrado el bromo en los resíduos de los surtidores salados de las minas que se hallan en esplotacion.

Todo lo que vamos á manifestar de este cuerpo, es un estracto de la memoria de M. Balard. (Anal. de Quí. y de Físi., t. XXXII, p. 337.)

Bromo.

70. *Propiedades.* — El bromo se presenta bajo la forma de un líquido rojo negruzco, cuando se le mira en masa y por reflexion; de un rojo jacinto cuando se interpone en capas delgadas entre la luz y el ojo del observador. Su olor, que es muy desagradable, se parece, aunque en un grado mucho mas intenso, al de los óxidos de cloro. Su sabor es de los mas fuertes. Ataca á las materias orgánicas como la madera, el corcho, etc., y mas notablemente la piel, á la que corroe haciéndola cambiar en un color amarillo muy subido. La tinta que la comunica, menos intensa que la que produce el iodo, desaparece como aquella al cabo de algun tiempo; y si el contacto de este agente ha sido de cierta duracion, el color no desaparece sino con la destruccion de la epidermis. Obra con mucha energía en los animales; una gota puesta en el pico de un pájaro basta para causarle la muerte. Su pesantez específica es de 2,966. Resiste sin congelarse á una temperatura de 18° c. bajo cero, segun M. Balard; pero, segun M. Serullas, á esta temperatura ó á la de 20° c. á lo mas, se solidifica repentinamente y se hace muy quebradizo. Se volatiliza fácilmente, y esta gran volatilidad contrasta mucho con su peso específico: basta poner una gota de bromo en un vaso cualquiera, para que su capacidad sea ocupada al momento por un vapor rutilante muy oscuro, que se confundiria á causa de su color con el del ácido nitroso, si aquel no se distinguiera por una multitud de caracteres. Entra en ebullicion á una temperatura de 47° c. La temperatura roja no tiene accion sobre este cuerpo. Cuando está bien seco es mal conductor del fluido eléctrico. Su vapor apaga los cuerpos en

combustion; con todo, las bujías arden en su atmósfera como en la de cloro, con una llama verde en la base y rojiza en la punta.

El bromo es un poco soluble en el agua, mas en el alcohol, y mucho mas en el éter. El ácido sulfúrico concentrado se lo disuelve una pequeña cantidad, y como es mas ligero que el bromo, puede servir para conservarla en vasos mal cerrados, pues como sobrenada se opone á su evaporacion. El bromo ataca lentamente al aceite de oliva: no enrojece la tintura de tornasol, pero la destruye rápidamente á manera del cloro, y lo mismo que este cuerpo, descolora tambien la disolucion de indigo en el ácido sulfúrico.

71. *Preparacion.*—Pueden ponerse en práctica dos procedimientos diferentes. El primero consiste en destilar las aguas madres de las salinas, despues de haberlas sometido á la accion del cloro, y en condensar los vapores rutilantes que se desprenden en el momento de la ebullicion por medio de una mezcla refrigerante: las aguas madres empleadas contienen bromuro de magnesio, que el cloro descompone, formando cloruro de magnesio, y el bromo queda en libertad. Por este procedimiento, cuya ejecucion es muy lenta, solo se obtiene una pequeña cantidad de bromo, y este impuro. M. Balard se ha convencido que en este caso se encontraba constantemente mezclado con una combinacion ternaria de hidrógeno, de carbono y bromo, análoga por su naturaleza y propiedades al cloro-carburo de hidrógeno. Esta última circunstancia le hizo renunciar á este método de estraccion sobre todo, asi que encontró para llegar al mismo fin otro de una ejecucion mucho mas facil y que suministra bromo mas puro y en mayor cantidad.

El segundo procedimiento es como sigue. Despues de

haber hecho pasar al través del agua madre de las salínas una corriente de cloro para dejar el bromo en descubierto, M. Balard vierte en la superficie del líquido cierta cantidad de éter, y llena de este modo enteramente el frasco que contiene el licor; en seguida la agita fuertemente para que se mezclen estos dos líquidos, y deja reposar la mezcla algunos instantes para favorecer su separacion : el éter sobrenada y toma un rojo jacinto bastante hermoso, mientras el agua madre queda descolorada, y en vez de aquel olor vivo é irritante del bromo solo presenta ya el olor suave del éter que tiene en disolucion.

El éter coloreado (verdadera solucion etérea de bromo) pierde en seguida su tinta y su olor desagradable, agitándole con algunas sustancias alcalínas, y en particular con la potasa cáustica. Esta absorve al bromo, y agitando sucesivamente el agua madre de las salinas, teñida de amarillo con el éter, y este coloreado con la potasa, se consigue combinar con una pequeña cantidad de este alcalí todo el bromo desenvuelto en una masa de agua bastante grande.

La potasa pierde poco á poco todas sus propiedades alcalínas; se trasforma en bromato de potasa poco soluble, y en bromuro de potasio que lo es en alto grado, y que cristaliza en cubos por la evaporacion del líquido. Estos cristales cúbicos son los que se emplean con buen éxito para la estraccion del bromo.

Para este efecto se pulverizan, y su polvo se mezcla con el peróxido de manganeso purificado. Esta mezcla se coloca en un aparato destilatorio, y sobre ella se vierte ácido sulfúrico dilatado en la mitad de su peso de agua.

Este ácido, que solo hubiera desprendido vapores blancos y muy poco bromo si se hubiera puesto en contacto con los cristales solos, ó bien si se le hubiera hecho obrar en un esta-

do fuerte de concentracion sobre la mezcla indicada, produce en estas circunstancias vapores rutilantes que se condensan en pequeñas gotas de bromo. Este puede recogerse haciendo llegar el cuello de la retorta al fondo de un pequeño recipiente lleno de agua fria. El bromo que llega en vapores se disuelve en este líquido, y el que se condensa en el cuello de la retorta en forma de gotitas, se precipita en el fondo del vaso á causa de su gran pesantez específica. Sea cualquiera la afinidad que el agua tenga con este cuerpo, la capa de líquido que le rodea se satura bien pronto, y envolviendo al bromo por todas partes, le preserva de la accion disolvente de las capas superiores. Para obtenerle en un gran estado de pureza, basta decantarle y privarle del agua que pueda retener, destilándole sobre el cloruro de calcio.

Hagamos un resúmen de la teoría de esta preparacion.

El bromo se encuentra en el estado de bromuro de magnesio en las aguas madres empleadas. El cloro que se hace pasar por estas aguas, se apodera del magnesio y deja el bromo en libertad. Este permanece disuelto en el agua; pero como es mas soluble en el éter sulfúrico que en el agua, se concibe muy bien que agitando la disolucion acuosa de bromo con el éter, este robará al agua todo el bromo que contiene. El éter le cede á su vez cuando se le pone en contacto con una disolucion de potasa que trasforma el bromo en bromuro de potasio muy soluble, y en bromato de potasa que lo es muy poco. En fin, este bromuro de potasio recogido por la evaporacion y tratado por la mezcla de peróxido de manganeso y de ácido sulfúrico, esperimenta las mismas trasformaciones que hemos estudiado al hablar de la preparacion del cloro. La teoría y los cálculos son iguales, sustituyendo los pesos de los átomos del bromuro de potasio, de bromo y de

sulfato de potasa á los de cloruro de sodio, de cloro y de sulfato de sosa. (46)

Acido hidro-brómico.

72. Este ácido se asemeja al ácido hidro-clórico bajo muchos aspectos, y se aproxima tambien por otros muchos al ácido hidro-iódico; de suerte que la comparacion que se puede establecer entre las propiedades de estos tres cuerpos permite clasificarlas de un modo muy exacto. Nos limitaremos por ahora á indicar los principales rasgos de semejanza ó divergencia, reservándonos el volver á tratar este punto mas adelante en los casos que nos parezcan de importancia.

El bromo y el hidrógeno no se combinan directamente sino con mucha dificultad. Parece que la combinacion no se efectúa con un desprendimiento de calor bastante grande, para que las mezclas de estos dos cuerpos puedan detonar cuando la reaccion ha tenido principio en algun punto. Habiendo hecho M. Balard algunas mezclas de hidrógeno y de vapor de bromo, no ha podido trasformarlas en ácido hidro-brómico sino de una manera incompleta, introduciendo en lo interior del vaso que contiene la mezcla un cuerpo candente, y dirigiéndole por varios puntos de ella. La combinacion se efectuará, pues, haciendo pasar la mezcla de hidrógeno y bromo por un tubo enrojecido.

La luz solar no tiene accion sobre esta mezcla.

73. *Preparacion.*—Cuando se trata un bromuro alcalino por el ácido sulfúrico concentrado, se desprende un gas ácido, que es el ácido hidro-brómico, cuya formacion se determina por las mismas causas que dan lugar al desprendimiento de ácido hidroclórico examinado anteriormente (55). Pero en

esta operacion el ácido hidro-brómico no se obtiene puro, le acompaña ácido sulfuroso, que proviene de la descomposicion del ácido sulfúrico por el mismo ácido hidro-brómico, á lo cual se debe la aparicion de un poco de bromo, y la formacion de un poco de agua. En fin, como los bromuros estan las mas veces acompañados de sal marina, resulta que se desprende ademas un poco de ácido hidroclórico. El procedimiento que acabamos de indicar establece solamente la existencia del ácido hidro-brómico, pero no permite obtenerle puro.

Se puede llegar á conseguirle fácilmente por un procedimiento fundado, sobre el que se emplea para la preparacion del ácido hidro-iódico.

Este procedimiento consiste en poner en contacto agua, fósforo y bromo en proporciones convenientes. Se forma ácido fosforoso ó fosfórico, que son retenidos por el agua y ácido hidro-brómico que se desprende.

74. *Propiedades.*—El ácido hidro-brómico es un gas incoloro, desprende vapores al aire libre, es muy ácido, muy picante y muy soluble en el agua. Su disolucion en este líquido se efectua con una elevacion de temperatura muy notable. La densidad del líquido aumenta, y este adquiere la propiedad de desprender vapores al aire libre. El bromo se disuelve fácilmente y en abundancia en el ácido hidro-brómico líquido; cuya propiedad aproxima este ácido al ácido hidroiódico, y por el contrario le separa del ácido hidro-clórico. El ácido hidro-brómico no se descompone por el oxígeno á una temperatura elevada, en lo que se asemeja al ácido hidro-clórico; pero por otra parte el bromo descompone el agua á una temperatura elevada, lo cual le aproxima al iodo.

El cloro descompone repentinamente el ácido hidro-bró-

mico, produce un precipitado de bromo ó de cloruro de bromo, y forma ácido hidroclórico. El ácido nítrico le descompone tambien, y resulta un líquido que contiene bromo y ácido nítrico: es una especie de *agua regia.* El ácido sulfúrico tiende igualmente á destruirlo; pero su accion es mas debil, se forma bromo y ácido sulfuroso. Reacciona sobre los óxidos como el ácido hidroclórico; por último, con los metales esperimenta alteraciones iguales, pero mas fáciles de determinar.

75. *Composicion.*.—Este cuerpo está formado de un volúmen de vapor de bromo y otro de hidrógeno sin condensacion. Esto se demuestra por procedimientos análogos á los que se han puesto en uso para los ácidos hidro-clórico é hidroiódico. Contiene pues:

1 átomo bromo.	466,40	ó bien	98,68
1 átomo hidrógeno.	6,24		1,32
2 átomos ácido hidrobrómico..	472,64		100,00

Acido brómico.

76. *Preparacion.*—Cuando se agita el bromo con una disolucion de potasa suficientemente concentrada, se forman dos compuestos bien diferentes. Se obtiene bromuro de potasio disuelto en el líquido, y se precipita en el fondo del vaso un polvo blanco, cristalino, susceptible de fundir sobre los carbones encendidos, del mismo modo que el nitro, y de trasformarse por el calor en bromuro de potasio, dejando escapar todo el gas oxígeno. Este cuerpo es el bromato de potasa.

El bromato de potasa es muy poco soluble en el alcohol; pero se disuelve en gran cantidad en el agua hirviendo, de la cual se precipita por el enfriamiento bajo la forma de

agujas agrupadas. Haciéndole cristalizar por la evaporacion se deposita en láminas cristalinas de un aspecto mate.

El bromato de potasa presenta una propieded de que carecen los cloratos, pero que los iodatos poseen en alto grado. Su ácido se descompone bajo la influencia de las causas hidrogenantes como si estuviera libre; asi el ácido sulfuroso, el hidrógeno sulfurado, el ácido hidro-brómico y el ácido-hidroclórico reaccionan sobre el bromato de potasa, produciendo en los tres primeros casos un desprendimiento de bromo, y en el último una combinacion de bromo y cloro.

El bromato de potasa puede obtenerse por otro procedimiento. Basta, por ejemplo, combinar el bromo con el cloro y poner en contacto con la potasa la disolucion acuosa de este compuesto, para que se produzca al instante por la descomposicion del agua bromato de potasa y cloruro de potasio; estas sales se separan fácilmente á causa de su diferente solubilidad.

M. Balard ha hecho uso de este procedimiento para la preparacion del bromato de barita, que ha obtenido cristalizado en pequeñas agujas, solubles en el agua hirviendo, muy poco solubles en la fria y susceptibles de arder con una llama verde sobre los carbones encendidos.

Echando ácido sulfúrico dilatado en agua sobre una disolucion acuosa de bromato de barita, hasta precipitar toda la base que contiene, se consigue un licor que no es otra cosa que una disolucion dilatada de ácido brómico.

77. *Propiedades.*—Por una evaporacion lenta puede separarse este cuerpo de la mayor parte del agua con quien está unido: en tal caso adquiere una consistencia de jarabe. Si por otra parte se eleva la temperatura hasta privarle completamente del agua que contiene, una parte se convier-

te en vapores y la otra se descompone en oxígeno y bromo.

Parece que se producen los mismos efectos evaporando simplemente este líquido en el vacío ayudado del ácido sulfúrico, que absorve los vapores acuosos á medida que se producen. El agua parece pues necesaria á la constitucion del ácido brómico.

Este ácido enrojece desde luego con mucha fuerza el papel teñido con el tornasol, y le priva despues del color en poco tiempo. Su olor es apenas perceptible : su sabor es muy ácido, pero de ninguna manera caústico.

Los ácidos nítrico y sulfúrico no ejercen ninguna accion química sobre él. El segundo cuando está muy concentrado es cierto que produce una efervescencia debida sin duda á un desprendimiento de oxígeno, y el bromo queda en libertad; pero este efecto parece debe atribuirse á la temperatura tan elevada que desenvuelve el ácido sulfúrico al combinarse con el agua del ácido brómico, porque esto no sucede cuando el ácido sulfúrico está muy debilitado.

Los hidrácidos y los ácidos que no están saturados de oxígeno, obran con mucha energía sobre el ácido brómico. Los ácidos sulfuroso, hidro-sulfúrico é hidro-brómico le descomponen. En igual caso se hallan los ácidos hidro-clórico é hidroiódico y se obtienen con estos últimos agua y compuestos de bromo con el cloro y con el iodo. Estos diversos ácidos combinados con las bases se conducen lo mismo con el ácido brómico.

El ácido brómico determina en las sales de plata la formacion de un precipitado blanco pulverulento, que parece ser un bromato de plata. Del mismo modo precipita las disoluciones concentradas de plomo ; pero el compuesto que se obtiene en estas circnnstancias se disuelve por la adicion de

una pequeña cantidad de agua, y se distingue por esta propiedad del que forman los hidro-bromatos en las disoluciones de las mismas sales metálicas. Produce como el bromato de potasa un precipitado blanco con el protonitrato de mercurio.

Las propiedades del ácido brómico le aproximan mucho á los ácidos clórico y iódico; pero la imposibilidad de privarle completamente del agua y de elevar su temperatura hasta la ebullicion sin que esperimente su descomposicion, al menos parcial, le aproximan mucho mas al ácido clórico, é indican que retiene mucho menos el oxígeno que el ácido iódico.

78. *Composicion.*—El ácido brómico contiene:

2 áto. bromo.	932,80	ó bien	65,10
5 áto. oxígeno.	500,00		34,90
1 áto. ácido brómico. . .	1432,80		100,00

Esto se hace evidente descomponiendo el bromato de potasa por el calor. Se trasforma en bromuro de potasio y en oxígeno: el cálculo se hace lo mismo que para el clorato de potasa.

Cloruros de bromo.

79. El bromo se une al cloro á la temperatura ordinaria. Se puede obtener esta combinacion haciendo pasar una corriente de cloro al traves del bromo, y condensando los vapores que se desprenden por medio de una mezcla refrigerante.

El cloruro de bromo se presenta bajo la forma de un líquido amarillo rojizo menos oscuro que el del bromo, de un olor vivo, penetrante, que escita repentinamente las lágrimas; su sabor es en esceso desagradable. Es muy fluido y volátil. Su vapor, que es de un amarillo subido comparable

á la tinta de los óxidos de cloro, no tiene ninguna semejanza con los rutilantes del bromo. Determina la combustion de los metales, con los cuales forma probablemente cloruros y bromuros metálicos.

El cloruro de bromo es soluble en el agua. Resulta de esta disolucion un líquido que tiene el color y olor de este compuesto, y que descolora como él rápidamente el papel de tornasol sin enrojecerle. De consiguiente, el cloruro de bromo puede por lo tanto disolverse en agua sin cambiar su naturaleza.

Descompone por el contrario á este líquido bajo la influencia de las sustancias alcalinas. La potasa, la sosa y la barita, puestas en una disolucion de cloruro de bromo, producen cloruros metálicos y bromatos de estas bases; propiedad que se vuelve á encontrar en el cloruro de iodo, y que manifiesta que el cloro tiene en efecto mas afinidad para con el hidrógeno que el bromo.

CAPITULO V.

Iodo. — Acido hidroiódico. — Acido iódico. — Cloruro de iodo. — Bromuros de iodo.

80. El cuerpo simple al cual se ha dado el nombre de iodo, á causa del hermoso color violeta que presenta su vapor, fué descubierto en 1811 por M. Courtois, fabricante de salitre en París. Sus propiedades químicas fueron desde luego examinadas por M. Clement; pero á M. Gay-Lusacc es á quien se debe la historia completa de esta sustancia (An. de quim., t. XCI, pág. 7). El trabajo de este célebre químico servirá largo tiempo de modelo por la reunion tan notable de precision en los detalles y de filosofía en el conjunto que ca-

racteriza todos sus escritos. Sir H. Davy y M. Vauquelin han sometido tambien este cuerpo á diversos ensayos, que han contribuido á conocer mejor su naturaleza. Se deben ademas otras observaciones notables á los señores Colin y Goultier de Claubri. En fin, en estos últimos tiempos M. Boullay, hijo, ha dado á conocer una nueva série de compuestos producidos por el iodo, de los cuales las artes sacan ya un partido muy ventajoso.

El iodo interesa al químico en alto grado por sus caracteres claros y notables; al médico por los efectos maravillosos en los tratamientos de las paperas, y, por último, al fabricante en razon de los brillantes colores que producen algunos de sus compuestos. Los fabricantes de telas pintadas han empezado á servirse de él, y no cabe duda alguna, de que otras muchas artes vendrán igualmente á sacar partido de este cuerpo.

81. *Propiedades.*—El iodo en el estado sólido, es de un color pardo oscuro, pero su vapor es de un hermoso violeta. Su olor es exactamente como el del cloro debilitado. Muchas veces se presenta en lentejuelas micáceas, algunas otras en láminas romboidales muy anchas y brillantes, ó bien en octaedros prolongados de un centímetro de largo (5,16 líneas), si se ha operado con precaucion. Su fractura cuando está en masa, es laminar y de un aspecto craso; es muy tierno y friable y se le puede reducir á polvo con facilidad. Su sabor es muy acre, aunque su solubilidad es estremadamente pequeña: en la piel produce manchas muy profundas, de un color amarillo muy oscuro; pero este color se disipa poco á poco. Destruye como el cloro los colores vegetales, pero con menos intensidad.

El agua disuelve cerca de siete milésimas de su peso, y se tiñe de un color amarillo naranjado. Su densidad á 17° es

igual á 4,948, se funde á 107° y se volatiza bajo la presion de 76 centímetros de mercurio (32,68 pulgadas) á 175 ó 180°. M. Gay-Lussac ha determinado estos últimos números poniendo un esceso de iodo en el ácido sulfúrico concentrado, que tiene poca accion sobre él, y observando la temperatura á que atraviesan los vapores el ácido. Su ebullicion se efectuó á 175 y á 180° en dos esperimentos practicados en circunstancias algo diferentes. Como el iodo mezclado con el agua pasa á la destilacion con este líquido, se creyó desde luego que era tan volátil como él, al poco mas ó menos, pero esto es un errror. A la tempertura de 100° el vapor de iodo se mezcla con el vapor de agua en cantidad tan considerable, en espacios iguales como en el vacío, y es arrastrado á los recipientes donde se condensa; pero el iodo puede destilarse á una temperatura mucho mas baja. Igual fenómeno se advierte en los aceites esenciales; estos cuando se hallan libres no hierven sino al rededor de los 155°, y se destilan á los 100° cuando están mezclados con el agua. El iodo parece que no conduce el fluido eléctrico: poniendo un pequeño fragmento en una cadena galvánica, se detiene al instante la descomposicion del agua. La densidad del vapor de iodo la ha fijado por el cálculo M. Gay-Lussac en 8,618; yo la he hallado de 8,716 por esperimentos directos.

El iodo no es inflamable, ni se le puede combinar directamente con el oxígeno.

82. *Preparacion.* — El iodo se obtiene por un procedimiento igual al que hemos puesto en uso para obtener el cloro y el bromo. Este cuerpo se encuentra en el estado de ioduro metálico en muchas materias que contienen la sal marina en abundancia. Hasta el dia se estrae solamente de los varecks, en los que se observo por primera vez. Su estraccion es suma-

mente facil. Quemando estos varecks hasta su completa incineracion , el resíduo que se obtiene es compuesto de mucha sal marina, de carbonato de sosa, de sulfatos de sosa y de potasa, de cloruro de potasio , de nitratos y de sulfuros alcalinos , en fin , de ioduro de potasio , abstraccion hecha de las materias insolubles en el agua. Estas cenizas, conocidas con el nombre de sosa de vareck, tratadas por el agua suministran una disolucion que contiene todas estas materias ; pero como el ioduro está en pequeña cantidad es necesario separarle todo lo posible de las otras sales. Esto se consigue por medio de repetidas cristalizaciones .Siendo el ioduro uno de los mas solubles entre las materias citadas , permanece enteramente en las aguas madres con los sulfuros, y cierta cantidad de todas las otras sales.

Estas son las aguas madres que se emplean para la estraccion del iodo. Basta tratarlas por un esceso de ácido sulfúrico concentrado en un aparato destilatorio. Desde el instante en que la mezcla se efectúa aparece el vapor de iodo , y sosteniendo el líquido en el estado de ebullicion durante algun tiempo , todo el iodo se encuentra condensado en el cuello de la retorta, en la alargadera ó en el balon en forma de escamitas ó lentejuelas cristalinas.

Se desprende ademas ácido hidro-sulfúrico, hidro-clórico, cloro, ácido nitroso y ácido sulfuroso. Los dos primeros provienen de los sulfuros y de los cloruros que existen en las aguas madres. El cloro y el ácido nitroso son debidos á la reaccion recíproca del ácido hidro-clórico y del ácido de los nitratos. El ácido sulfuroso resulta de la descomposicion mutua del ácido hidroiódico naciente y del ácido sulfúrico: se forma agua y gas sulfuroso.

Esta reaccion marca bien las calidades respectivas del clo-

ro, del bromo y del iodo. En efecto, supongamos para simplificar el razonamiento qne los metales de los cloruros, bromuros ó ioduros, se hayan oxidado á espensas del ácido sulfúrico, en este caso se producirá cloro, bromo, iodo y gas sulfuroso. Pero el ácido sulfúrico produce con los cloruros gas hidro-clórico puro, con los bromuros una mezcla de bromo y de gas hidro-brómico; en fin, con los ioduros no produce sino iodo, y cuando mas una pequeña cantidad de gas hidro-iódico. Es decir, que cuando la estabilidad de los compuestos del agua es sostenida por la presencia del ácido sulfúrico, el iodo y el ácido sulfuroso, no pueden apoderarse de su hidrógeno ni de su oxígeno; el bromo y el ácido sulfuroso no pueden efectuar esta division sino con mucha dificultad, mientras que se realiza mas fácilmente por la accion del cloro y el ácido sulfuroso. Esto coincide perfectamente con el rango de afinidad del cloro, del bromo y del iodo para con el hidrógeno.

Cuando la operacion se ha terminado, se hallan en la retorta sulfatos de sosa y de potasa. En la alargadera y en el recipiente se encuentra el iodo con el agua, que contiene en disolucion ácido hidro-clórico y cloruro de iodo. Para purificar el iodo es necesario lavarlo dos ó tres veces con un poco de agua fria, en seguida comprimirlo entre dos papeles de filtro, y por último, sublimarle de nuevo sobre un poco de cloruro de calcio fundido para privarle de la humedad.

M. Wollaston propuso el introducir un poco de peróxido de manganeso en la retorta donde se practicaba la destilacion. Esta adicion favorecia sin duda alguna la reaccion; pero podia tambien ocasionar una produccion de cloro. Este cuerpo tiene la propiedad de trasformar al iodo en cloruro de iodo, que permaneceria en disolucion en el agua, y por consiguiente habria mayor pérdida. Conviene por lo tanto no hacer esta

adicion sino cuando la operacion se aproxima á su fin, á cuyo tiempo habrá sido ya espulsado todo el ácido hidroclórico.

Seria muy dificil presentar un análisis exacto de los fenómenos que se producen durante esta reaccion. Las sales que contienen estas aguas madres son demasiado variadas y numerosas. Lo cierto es, que es necesario emplear un esceso de ácido sulfúrico, cuya cantidad puede determinarse fácilmente por algunos ensayos en pequeño, relativamente á un agua madre cualquiera.

83. Cuando se tratan en grande las aguas madres de la sosa de vareck para obtener el iodo, no se emplean las retortas ni los recipientes de vidrio que hemos indicado para los esperimentos en pequeño. Estos vasos serian muy costosos, y tendrian ademas una forma poco conveniente para la recoleccion del iodo y del residuo.

El aparato que ordinariamente se prefiere se compone de una marmita de tierra barnizada, sobre la cual se enloda un capitel de vidrio con un cuello largo. La mezcla se introduce en la marmita, y los productos de la destilacion vienen á depositarse á un recipiente formado por dos barreños, cuyas bocas descansan una sobre otra, para lo cual deben ser sus diámetros iguales. Si la esplotacion del iodo adquiere la importancia que se debe esperar, será muy facil hacer estos vasos á propósito, de manera que sus ajustes se hagan con mayor presteza y comodidad. Por lo demas, la marmita se calienta en el baño de arena, y se refrigeran los barreños por medio del agua fria para facilitar la condensacion. Por último, la purificacion del iodo se efectúa del modo que ya hemos espresado.

El iodo que se espende en el comercio está siempre húmedo. Como su precio es muy subido, es necesario determi-

nar con cuidado la cantidad de agua que le añaden ó le dejan por estraer. Para esto se destilan 10 gramas (200 granos) de iodo en una retorta con 20 gramas (400 granos) de cloruro de calcio recien enrojecido. Si la temperatura no sobrepasa el punto de ebullicion del iodo, el cloruro de calcio retendrá toda el agua. Se obtendrá todo el vapor de iodo por medio de una corriente de aire seco, y el esceso de peso del cloruro de calcio indicará la cantidad de agua ó de cualquiera otra materia no volátil añadida al iodo. Suelen adulterar este cuerpo con sulfuro de antimonio, con carbon, plombajina, peróxido de manganeso, etc.; pero la presencia de estas materias puede ser fácilmente reconocida, porque el alcohol no las ataca, al paso que disuelve al iodo en su totalidad.

84. *Estado natural.* — El iodo no se ha encontrado todavia sino al estado de ioduro. Bajo esta forma acompaña generalmente á la sal marina. Asi el ioduro de potasio, de sodio y de magnesio se encuentran en las aguas del mar, en los varecks, las esponjas, y en un gran número de fucos que crecen en estas aguas; en fin, se encuentra en muchos manantiales salados, asi en el antiguo como en el nuevo continente. M. Angelini le ha observado en los de *Voghera y Sales*, y M. Cantu le ha encontrado en muchos del Piamonte, unido á la sal marina y muchas veces al ácido sulfuroso. Este último observa que todos estos manantiales salen de los terrenos ternarios, bien que probablemente tienen su orígen debajo de estos terrenos. Los mas ricos en iodo son los que contienen á la vez, la sal marina y el ácido sulfuroso. M. Boussingault ha observado tambien la presencia de estos ioduros en los resíduos de la esplotacion de sal marina en el nuevo mundo. En fin, M. Vauquelin ha descubierto el iodo en los terrenos mas antiguos; le ha encontrado, en efecto, en el estado de ioduro de

plata en una mina de este metal en las cercanías de Méjico, que parece encontrarse con la serpentina.

85. *Usos.*— El empleo del iodo, limitado durante algun tiempo á los esperimentos de los laboratorios, tomó de repente en 1820 cierta importancia á causa del brillante descubrimiento de M. Coindet, médico muy distinguido de Génova. Buscando una esplicacion de las propiedades de algunas materias empleadas en el tratamiento de las paperas, tuvo presente que los recientes análisis habian indicado la presencia del iodo en estas sustancias. Estas eran, en efecto, los carbones procedentes de la calcinacion de las esponjas ó de algunos fucos. Guiado por este dato, ensayó la administracion del iodo ya en su estado de pureza, ya en el de ioduro alcalino, ya en este mismo estado conteniendo iodo en disolucion. Estas tres preparaciones las administraba reducidas igualmente á la dósis de un cuarto de grano cuando menos, y de un grano cuando mas por dia. Las paperas mas voluminosas eran disipadas por un tratamiento de algunas semanas, ó al menos su volúmen se hallaba reducido hasta tal punto que la incomodidad que antes ocasionaban se hacia insignificante.

A la verdad, graves accidentes se manifestaron algunas veces: la mayor parte de las glándulas disminuian de volúmen al mismo tiempo que la glándula thyroide. Accidentes nerviosos, un enflaquecimiento general, y algunas veces un desarreglo grave de las funciones digestivas se presentaron en algunos enfermos, aun algun tiempo despues de haber cesado la aplicacion del iodo. Estos accidentes hicieron el uso de este precioso medicamento mas dificil y retardaron su introduccion; pero un exámen mas detenido ha demostrado que si debe ser administrado con precaucion, no ha sido menos

útil en muchos casos, y en particular en las afecciones por las paperas, para las cuales es un verdadero específico.

Se ha encontrado despues, en efecto, que todas las materias aplicadas contra dicha enfermedad contenian el iodo. Tales son las esponjas y los fucos, las aguas de los manantiales del Piamonte y los resíduos de las salinas de América, cuyas sustancias han sido hace muchos años preconizadas y empleadas con buen éxito contra la referida enfermedad. Pero como en estas materias el iodo no existia sino en pequeña cantidad, no se podia administrar en dósis suficientes para determinar los accidentes citados, ó bien si alguna vez se presentaban se atribuian á otras causas.

De todo esto resulta que el iodo es un medicamento precioso, pero muy activo, y que no debe administrarse sino en dósis muy pequeñas y bajo la observacion de un médico muy hábil.

En dósis crecidas el iodo es venenoso; corroe y destruye la membrana interior del estómago y causa la muerte con prontitud. Produce ademas un efecto, del cual es necesario saberse preservar; este es el que resulta de la accion lenta que ejerce sobre las personas que estan habitualmente espuestas á manejarle ó á respirar su vapor. Los fabricantes de iodo esperimentarian todos los efectos citados, si no pusieran el mas grande cuidado en preservarse de su accion. Este es un cuerpo del cual es necesario desconfiar, porque en pequeñas dósis sus efectos son insensibles, y no se manifiestan sino cuando toda la constitucion ha sido alterada: en esto tiene mucha analogía con el mercurio.

86. Como es muy raro que el tratamiento de una papera exija mas de quince ó veinte granos de iodo, se concibe bien que el consumo de esta materia será poco considerable. Sin

embargo, toda la cantidad de iodo producida por las fábricas de sosa de vareck, encuentra salida. Esto consiste sin duda en que los ingleses han llegado á fijar sobre las telas el ioduro rojo de mercurio, cuyo color es magnífico. Este descubrimiento promete un interés importante á los fabricantes de iodo, y debe estimular á buscar los medios de obtener este cuerpo á un precio mas módico.

Acido hidroiódico.

87. *Propiedades.* — Este es un gas sin color; su olor se asemeja al del gas hidroclórico; su sabor es muy ácido; contiene la mitad de su volúmen de hidrógeno y satura un volúmen de gas amoniacal igual al suyo.

El cloro y el bromo le roban prontamente su hidrógeno; se produce un hermoso vapor de color violado, y se forma gas hidroclórico ó hidrobrómico. Su densidad segun M. Gay-Lussac es de 4,443.

Se descompone por un gran número de metales, y aun por el mercurio, á la temperatura ordinaria. Resulta de esto hidrógeno y un ioduro metálico. El gas hidroiódico se descompone en parte á una temperatura roja, pero la descomposicion es completa si se le mezcla con oxígeno: se forma agua y el iodo queda en libertad. M. Gay-Lussac ha encontrado ademas que haciendo pasar agua y vapor de iodo á un tubo de porcelana enrojecido por el fuego, no se observaba ninguna descomposicion. Esta es la gran diferencia que existe entre el iodo y el cloro, porque este roba el hidrógeno al oxígeno; pero tambien es una circunstancia que le aproxima al azufre, puesto que el oxígeno priva del hidrógeno al uno y al otro.

El gas hidroiódico es muy soluble en el agua; la comunica una gran densidad y la propiedad de producir vapores visibles cuando está disuelto en ella en gran cantidad. Veremos mas adelante el modo de obtener el ácido hidroiódico gaseoso; pero es mas cómodo para obtener el ácido hidroiódico líquido, disolver el ioduro de fósforo en el agua, y hacer pasar una corriente de gas hidrosulfúrico, que cede fácilmente su hidrógeno al iodo precipitando su azufre; se calienta el líquido para desprender el esceso de ácido hidrosulfúrico, y filtrándole ó dejándole en reposo para que el azufre se precipite, se obtiene el ácido hidroiódico muy puro y sin color. El ácido preparado por estos medios no está muy concentrado, á menos que destilando el preparado por el fósforo, no se tenga la precaucion de no mezclar las últimas porciones con las primeras, que apenas son otra cosa que agua pura. Este ácido tiene de comun con el ácido sulfúrico la propiedad de concentrarse por el calor, abandonando su agua. Mientras su temperatura es inferior á 125°, se puede retirar el líquido que pasa, porque es muy poco ácido; pero mas allá de este grado el ácido empieza á destilar y la temperatura permanece constante á 128.° La densidad del ácido es entonces de 1,07, y ya no varia sensiblemente. Esta propiedad del ácido hidroiódico de no hervir sino á los 128°, le hace un ácido poderoso, é impide que se desprenda de sus combinaciones por los ácidos volátiles.

El ácido hidroiódico se colora siempre mas ó menos por la destilacion, y aun á la temperatura ordinaria, con tal que se halle en contacto con el aire; el oxígeno es absorvido, se forma agua, y el iodo en vez de precipitarse se disuelve en el ácido, y le colora con tanta mas fuerza de un rojo moreno cuanta mayor es la cantidad.

88. *Composicion.*—El ácido hidroiódico está formado de un volúmen de gas hidrógeno y otro de vapor de iodo sin condensacion. Esto se prueba comparando las densidades respectivas de estos cuerpos. En efecto,

8,716	densidad hallada del vapor de iodo.
0,0687	id. del gas hidrógeno.
8,7847	

$\frac{8,7847}{2}=4,3923$ densidad del gas hidróiódico. M. Gay-Lussac ha encontrado 4,443, y el cálculo fundado sobre el peso del átomo de iodo, dará 4,340. Este último número es el que merece mas confianza: los otros solo sirven para confirmarle.

Por lo demas el gas hidroiódico se analiza fácilmente por medio de los metales, del cloro y del bromo, y se puede asegurar con la mayor facilidad que contiene la mitad de su volúmen de gas hidrógeno. Contiene pues en peso

1 át. iodo...............	783,35	ó bien	99,22
1 át. hidrógeno.........	6,248		0,78
2 át. ácido hidroiódico..	789,598		100,...

Este es el cuerpo binario bien determinado, en el cual se advierte mas la diferencia entre los pesos absolutos de los dos elementos.

89. *Preparacion.* — Se obtiene el gas hidroiódico por la reaccion del agua, del iodo y del fósforo. Se forma ácido fosforoso ó forfórico que queda en disolucion, y gas hidroiódico que se desprende. Es necesario emplear ocho partes de iodo con una de fósforo. Se procede á este esperimento de una ma-

nera muy sencilla. Se toma un tubo cerrado por un estremo, cuya longitud sea de seis pulgadas y una de diámetro poco mas ó menos. Se coloca en este tubo el iodo, despues una capa de vidrio humedecido, en seguida algunos fragmentos de fósforo, y encima otra capa de vidrio como la anterior; esta série se continúa del mismo modo hasta que el tubo esté enteramente ó casi lleno. En seguida se adapta á su orificio un tapon provisto de un tubo encorbado que viene á colocarse al fondo de una probeta ó de un frasco que contenga aire seco. Se calienta ligeramente el tubo y á medida que el iodo se evapora y encuentra al fósforo y al agua, la descomposicion se efectúa y el gas se desprende. Cuando este llega á los frascos ó á la probeta, desaloja el aire, y como el gas hidroiódico es mas pesado que el aire, bien pronto la probeta ó el frasco se encuentran llenos de este gas bastante puro. Este método es aplicable á todos los gases que como el hidroiódico se disuelven en el agua y atacan al mercurio. Tal es el cloro, por ejemplo, que es necesario prepararle por este procedimiento si se quiere obtenerle seco.

Acido iódico.

90. Este ácido posee un gran número de caracteres que le aproximan al ácido clórico y al ácido brómico. Es compuesto del mismo modo, es decir de

2 át. de iodo. . . , . .	1566,70	ó bien	75,81
2 át. de oxígeno. . , . .	500,00		24,19
1 át. ácido iódico. . . .	2066,70		100,00

Este ácido ha sido analizado por M. Gay-Lussac por el mismo procedimiento que se practica para el ácido clórico.

Efectivamente, el iodato de potasa se trasforma por el calor en ioduro de potasio y en oxígeno; lo que permite el determinar muy exactamente la relacion de sus principios constitutivos, de consiguiente los del ácido que contiene.

Los iodatos gozan la mayor parte como los cloratos la propiodad de formar mezclas detonantes con las materias combustibles, pero su detonacion es mas débil.

91. *Preparacion.*— Este ácido se obtiene fácilmente haciendo pasar óxido de cloro seco por el cloruro de calcio á una bola de vidrio que contenga iodo seco tambien. La reaccion se efectúa á la temperatura ordinaria, y se forma á la vez cloruro de iodo y ácido iódico. El primero es muy volátil y el segundo fijo; es facil separarlos calentando ligeramente el producto. El cloruro de iodo se volatiliza y el ácido iódico queda en el aparato bajo la forma de un polvo blanco. M. Davy á quien es debido este procedimiento, da las siguientes proporciones como las mas exactas; 1 parte de iodo, 2 $\frac{1}{2}$ de clorato de potasa y 10 de ácido hidro-clórico á 1,10 de densidad. Estas proporciones son tales que el óxido de cloro se halla en esceso, lo cual debe suceder necesariamente. Es preciso tener presente al ejecutar este procedimiento que el óxido de cloro es muy detonante (65).

Puede obtenerse tambien el ácido indicado, tratando por el calor el iodato de barita con el ácido sulfúrico debilitado, poniendo un esceso de iodato de barita. Por este medio se forma sulfato de barita y ácido iódico que queda en disolucion; pero el ácido iódico retiene siempre un poco de ácido sulfúrico. Este procedimiento no puede por lo tanto suministrar el ácido iódico puro.

92. *Propiedades.* — Este cuerpo es muy ácido, enrojece el tornasol y destruye en seguida su color. Se funde á cerca

de los 300 ó 320, c., y se descompone en iodo y en oxígeno. Espuesto al aire libre atrae la humedad de éste, y se trasforma en líquido, del cual se le puede estraer de nuevo por la evaporacion. Ataca á la mayor parte de los metales sin respetar al oro ni al platino. Se descompone por los ácidos sulfuroso, hidro-sulfúrico é hidroiódico, mientras que por el contrario se combina íntimamente con los ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico. Estos compuestos son todos cristalizables, y por lo demas no gozan ninguna propiedad que merezca un estudio detenido.

93. Los iodatos no se obtienen jamás por la combinacion directa del ácido iódico con las bases, pero pueden obtenerse fácilmente poniendo el iodo en contacto con estas, como lo hemos visto con el cloro. En este caso se produce un ioduro metálico, y un iodato como veremos tratando el cloruro de iodo por las bases despues de haberle disuelto en agua.

No se conoce ningun óxido de iodo. En estos últimos tiempos M. Sementini ha descrito un ácido al que ha dado el nombre de iodoso, pero el producto que habia formado parecia no ser sino un cloruro de iodo.

Cloruros de iodo.

94. Existen dos cloruros de iodo. El mas rico en cloro corresponde al ácido iódico; el otro no tiene todavia una composicion bastante determinada para que se puedan fijar sus relaciones. Estos dos compuestos se obtienen fácilmente, haciendo pasar cloro seco á un frasco, y poniendo poco á poco cuando éste está completamente lleno, iodo igualmente seco. La combinacion se efectúa al instante con desprendimiento de calor, y se forma un sub-cloruro de iodo que es un líquido

rojo oscuro; pero si se emplea un esceso de cloro, basta tapar el frasco y abandonarle á sí mismo para obtener el percloruro. El cloro se combina poco á poco con el sub-cloruro, y le trasforma en percloruro. Este es sólido, cristalino y blanco amarillento: estos dos compuestos son muy volátiles. Sus vapores son rutilantes y de una acritud estraordinaria. Respirándole aun en pequeña cantidad, se esperimenta una irritacion fuerte y aguda á la garganta, y seria muy espuesto permanecer largo tiempo bajo la influencia de sus vapores.

El percloruro de iodo está formado de

1 át. iodo.	783,35	ó bien	41,45
5 át. cloro.	1106,60		58,55
1 át. percloruro de iodo. . .	1889,95		100,00

El proto-cloruro contiene probablemente tres átomos de cloro para uno de iodo.

95. Se pueden formar estas combinaciones tratando una mezcla de cloruro de sodio, de ioduro de potasio, de peróxido de manganeso y de ácido sulfúrico dilatado en su peso de agua, todo en las proporciones convenientes. Lo que sucede en este caso es muy facil de concebir, por lo cual no debemos detenernos en su esplicacion.

El mejor procedimiento para obtener el percloruro puro, consiste en tratar el iodo por el cloro gaseoso, hasta que este cuerpo se trasforme en sub-cloruro. Se disuelve este en el agua y se hace pasar una corriente de cloro, hasta que el líquido quede enteramente sin color, y que tenga un esceso de cloro.

La disolucion ofrece entonces el percloruro de iodo puro, sobre todo cuando despues de algunos dias de espuesta al aire haya perdido su esceso de cloro.

Estos dos cloruros se distinguen en que tratados por la potasa ú otras bases alcalinas, el percloruro se trasforma en iodato de potasa y en cloruro de potasio. El sub-cloruro, al contrario, se descompone en iodo, iodato de potasa y cloruro de potasio. Se concibe bien que el iodo no queda en descubierto sino en tanto que se añade poco á poco la base alcalina, porque reacciona repentinamente sobre la potasa, ocasionando el ioduro de potasio y el iodato de potasa.

Estos dos cloruros descoloran el tornasol y se disuelven en el agua. La disolucion de percloruro es incolora, la de sub-cloruro es de un rojo pardo. Agitando estas disoluciones con éter sulfúrico, este se apodera de los cloruros de iodo: una disolucion acuosa de potasa estrae á su vez el éter sulfúrico, de tal suerte que el sub-cloruro de iodo puede realmente ocultar muchos fenómenos que pasan en la preparacion del bromo; pero se distingue sin embargo con facilidad el bromo de este otro cuerpo, en que el sub-clrouro es mucho mas soluble en el agua, en que es mucho menos volátil, y en fin, en que deja depositar el iodo por la accion de la potasa.

El percloruro de iodo es muy poco estable. Cuando se concentran sus disoluciones abandonan el cloro y pasan al estado de sub-cloruro.

Este percloruro tratado por la potasa, la sosa, la barita y la estronciana, se trasforma en iodatos de estas bases y en cloruros metálicos. Estos iodatos son generalmente mucho menos solubles que los cloruros; se precipitan casi enteramente, y se purifican con facilidad lavándolos algunas veces con el alcohol debilitado. Esta es la espresion general de la presente reaccion que ofrece el mejor medio de preparacion para los iodatos:

Atomos empleados.	Atomos producidos.
2 iodo.	2 iodo y 5 oxígeno = ácido iódico.
10 cloro.	1 metal y 1 oxígeno = base del iodato.
6 metal.	5 metal y 10 cloro = cloruro metálico.
6 oxígeno.	

Bromuro de iodo.

96. El iodo parece susceptible de formar con el bromo dos compuestos diferentes. Si se hacen obrar uno sobre otro en ciertas proporciones, se obtiene un compuesto sólido, susceptible de producir cuando se calienta vapores pardo-rojizos, que se condensan en pequeños cristales del mismo color, y cuya forma recuerda la de las hojas de elecho.

Una nueva cantidad de bromo trasforma estos cristales en un compuesto líquido de un aspecto semejante al del ácido hidro-iódico cuando se halla fuertemente iodurado.

El bromuro de iodo líquido puede mezclarse con el agua, á la que comunica la facultad de descolorar la tintura y el papel de tornasol sin hacerles pasar al color rojo.

Los alcalís sobre esta disolucion originan los bromuros y los iodatos como se puede prever por la analogía.

CAPITULO VI.

Fluor. — Acido hidrofluórico.

Fluor.

97. Todos los químicos están acordes en el dia para admitir la existencia de un cuerpo simple al que dan el nombre de *fluor*. Este cuerpo simple, cuya naturaleza ha manifestado

el primero M. Ampére y marcado sus analogías, debe gozar de todas las propiedades químicas que caracterizan al cloro, al iodo y al bromo, las cuales acabamos de estudiar; pero debia haber precedido á estos cuerpos, estando sin duda alguna dotado de propiedades electro-negativas mas pronunciadas que las de aquellos. Sin embargo, hubiera sido dificil entender lo poco que sabemos sobre las combinaciones del fluor, sin estar preparados por el estudio de cuerpos mejor conocidos.

El fluor no se ha obtenido jamás aislado, ó al menos no lo ha sido sino de una manera tan efímera, qne no ha habido tiempo suficiente para inspeccionar sus propiedades. A pesar de esto no se puede dudar de su semejanza con el cloro. Las propiedades del ácido hidrofluórico son tales, que es imposible no colocarle entre los hidrácidos conocidos. La analogía del fluor y del cloro es mas evidente todavia, comparando los fluoruros con los cloruros ó los ioduros, como tendremos mas de una vez ocasion de advertir.

No solamente el fluor no ha sido aislado, si no que no ha podido combinarse hasta el presente con el oxígeno, el cloro, el bromo, ni con el iodo. Asi no tendremos que ocuparnos aqui sino del ácido hidrofluórico, en cuya combinacion se supone no entran otros cuerpos que el fluor y el hidrógeno.

98. *Propiedades.* — La naturaleza nos ofrece en abundancia una materia conocida bajo el nombre de *espato-fluor* por los antiguos mineralogistas. Esta materia segun el sistema que hemos adoptado, será compuesta de fluor y de cálcio; este será pues el *fluoruro de cálcio.* Comparando este fluoruro con los cloruros metálicos, se concebirá fácilmente que es el tratamiento el que le hace subir de precio para estraer de él el ácidó hidrofluórico. Puede obtenerse por la accion del ácido sulfúrico concentrado. Este ácido contiene agua; esta será des-

compuesta, se formará protóxido de cálcio que se unirá al ácido sulfúrico, en tanto que el hidrógeno y el fluor puestos en libertad se combinarán para dar orígen al ácido hidro-fluórico. Conociendo la cantidad de cálcio que contiene el fluoruro de cálcio, y suponiendo que la restante sea fluor, podrán establecerse los cálculos atómicos que responderán á todas las condiciones de la cuestion y esplicarán igualmente todos los fenómenos en que el fluor tome parte.

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
1 fluoruro de cálcio..	489,83	1 sulfato de cal......	857,19
1 ácido sulfúrico seco.	501,16	4 ácido hidrofluórico.	246,28
2 agua	112,48		

Esta es segun se advierte la misma fórmula que para el ácido hidro-clórico (55). A Schéele es debido el descubrimiento de este ácido; pero él no lo ha podido obtener puro y concentrado. Los señores Thenard y Gay-Lussac le han obtenido los primeros en este estado, y han dado á conocer sus propiedades singulares. Todo lo siguiente es estractado de su memoria.

Una de las propiedades mas notables del ácido hidro-fluórico consiste en la accion enérgica y pronta que ejerce sobre el vidrio, ó mas bien sobre el ácido silícico de esta sustancia. En efecto, apenas se hallan en contacto estos dos cuerpos, se destruyen y trasforman en agua y en fluoruro de silicio. No puede por lo tanto prepararse el ácido hidrofluórico en vasos de vidrio ni en vasos terosos de cualquier especie: solamente los vasos metálicos pueden servir para este efecto, y aun entre ellos hay que hacer eleccion, puesto que el ácido hidrofluórico es susceptible de atacar á muchos me-

tales. El plomo y el platino son los únicos que pueden aplicarse, bien sea por esta razon, bien porque el ácido sulfúrico concentrado ataca á la muyor parte de los otros, lo cierto es que ha habido necesidad de escluirlos.

Estos vasos de plomo ó de platino consisten en una retorta compuesta de dos piezas que encajan una en otra; la una tiene la figura de una cápsula y contiene la mezcla; la otra, que constituye la parte superior de la retorta y el cuello, sirve para dirigir los vapores á un recipiente. Este, cuya forma es la de un tubo encorbado, se ajusta fuertemente al cuello de la retorta y no tiene mas abertura en el estremo opuesto que un pequeño agugero destinado á facilitar la salida del aire dilatado ó el esceso de vapor. Este recipiente se refrigera por medio del hielo durante la operacion, y si esta marcha lentamente todo el ácido hidrofluórico se halla condensado.

Para obtener el ácido hidrofluórico en cantidad considerable, es necesario operar cuando menos sobre 100 gramas de fluoruro de calcio, (2003 granos) que exigen 350 de ácido sulfúrico, (7008 granos) bien sea para su completa descomposicion, bien para impedir que el agua de una parte del ácido sulfúrico no sea arrebatada por el ácido hidrofluórico, con el que tiene mucha afinidad. El fluoruro de calcio debe hallarse exento de silice, pues de lo contrario se obtendria fluoruro de silicio; debe estar ademas bien reducido á polvo, sin cuya circunstancia quedarán muchas porciones sin atacar.

El fluoruro de calcio se coloca en la retorta, se echa por encima el ácido sulfúrico y se remueve bien con una espátula de plata ó de platino. En seguida se monta el aparato y se enlodan con el mayor cuidado todas las junturas, y la del vientre de la retorta con un lodo terroso, que se sostiene por

medio de una tira de papel encolado, la del recipiente con lodo graso, que se fija con una tira de vegiga. En seguida se somete á un calor suave teniendo cuidado que no llegue al punto de fusion del plomo, si la retorta está construida de este metal. Acercando el oido á la retorta se percibe la ebullicion del ácido hidrofluórico que se desprende. Cuando cesa de percibirse este ruido, la operacion debe estar casi terminada. Si durante el curso de la destilacion los lodos se desquebrajan, será necesario repararlos con lodo blando que se aplicará desde lejos con una espátula. Si la retorta llegara á fundirse, será necesario verter agua en abundancia sobre el aparato para evitar que los vapores del ácido se esparzan en el aire; y si hubiera temor de que se habian esparcido ya en cantidad suficiente para incomodar, lo mejor será abandonar prontamente el laboratorio.

Cuando la operacion ha terminado es necesario desmontar el aparato con las mayores precauciones, proveerse de unos guantes muy espesos ensebados ó engrasados, de suerte que aun cuando caiga una gota del ácido sobre la mano no pueda atacar al guante que la cubre. Sin esta precaucion la piel del guante será corroida tan prontamente como la misma mano, y esta será profundamente quemada.

Se conserva el ácido hidrofluórico en vasos de plata cerrados con un tapon del mismo metal cuidadosamente ajustado. Puede colocarse en los frascos por medio de un embudo de plomo. Los vasos de plomo no convienen para guardarle porque los tapones cierran muy mal, pero podrán hacerse de plomo cerrados con tapon de plata.

En la retorta se encuentra por resíduo el esceso de ácido sulfúrico y el sulfato de cal.

99. *Propiedades.* — El ácido hidrofluórico es un líquido

incoloro, muy ácido, de un olor picante y penetrante y de un sabor insoportable. Es el mas corrosivo de todos los cuerpos conocidos. Apenas cae sobre el tejido animal una gota de este ácido, cuando aquel punto es atacado de una viva inflamacion. Se hace sentir inmediatamente un fuerte dolor, se forman ampollas de un carácter particular y se llenan de un pus espeso y abundante. Todos estos fenómenos vienen acompañados de calentura, y de dolores mas ó menos agudos al rededor del punto afectado. La accion de este ácido es tan enérgica que basta poner en contacto con la piel cantidades muy pequeñas y apenas visibles, para que todos estos fenómenos se manifiesten, aunque con menos energía.

Basta asimismo estar en contacto con su vapor, á pesar que se halle mezclado con mucha cantidad de aire, para esperimentar fuertes dolores debajo de las uñas y á la estremidad de los dedos, como tambien una inflamacion en los ojos mas ó menos intensa. Esto nos advierte las precauciones que son necesarias para manejar esta sustancia.

La densidad del ácido hidro-fluórico es de 1,06. No se solidifica ni á un frio de 40° bajo cero; entra en ebullicion á la temperatura de unos 30° c. ó mas. Su vapor condensado reproduce el líquido primitivo, dotado de todas sus propiedades. Puesto en contacto con el aire, se evapora y produce espesos vapores blancos, debidos á su combinacion con el vapor acuoso de este cuerpo.

No tiene accion sobre los cuerpos no metálicos. Entre los metales, el potasio y el sodio, el zinc, el hierro y el manganeso, descomponen al ácido hidro-fluórico dando orígen á fluoruros metálicos y á un desprendimiento mas ó menos rápido de gas hidrógeno.

Puesto en contacto con el agua el ácido hidro-fluórico se

apodera de ella con tal energía, que produce un ruido análogo al del hierro ardiendo cuando se introduce en este líquido. Por lo demas, una cantidad conveniente de agua debilita sus propiedades; deja de humear al aire y pierde su volatilidad no dejándole obrar ya sobre la piel con tanta fuerza; pero conserva su accion sobre los metales, tanto la que ejerce sobre la sílice como con algunos otros cuerpos. Esta accion á la verdad, es mucho menos enérgica.

Se concibe, segun lo que acabamos de decir de su energía sobre el agua, que esta mezcla debe hacerse en pequeñas dósis, si se quiere evitar que el líquido no sea lanzado vivamente. Asi el mejor modo de obtener el ácido hidro-fluórico debilitado, consiste en colocar el agua en el recipiente donde vienen á parar los vapores durante su preparacion. La mezcla se efectúa asi poco á poco y se evitan todos los inconvenientes que hay en manejar el ácido hidro-fluórico concentrado.

100. *Composicion.* — Esta es desconocida. Entre tanto se sospecha que este cuerpo está formado de un volúmen de fluor y otro de hidrógeno por analogía con los ácidos hidro-clórico, hidro-brómico é hidro-iódico. Estos son los motivos sobre que se apoya esta suposicion.

No se ha podido de ningun modo demostrar la presencia del oxígeno en el ácido hidro-fluórico; al contrario la del hidrógeno que se manifiesta con la mayor facilidad por la accion de los metales.

Reaccionando sobre algunos cuerpos oxigenados, tales como la sílice, el ácido bórico, el crómico, el manganésico y el ácido arsenioso, no puede este cuerpo ocasionar sino compuestos de los cuales hará parte, asi como estos ácidos, ó bien el agua y los fluoruros de sus radicales. Luego los compuestos que se obtienen y que son bien conocidos, se aseme-

jan totalmente, ya sea por sus propiedades físicas, ya por las químicas á los cloruros correspondientes, tanto, que no se puede dudar que la última suposicion no sea bien fundada.

Los fluoruros metálicos que se han podido observar al estado de cristalizacion, todos son isomorfos con los cloruros, los bromuros y los ioduros correspondientes. Esta observacion importante es debida á M. Bercelius.

M. Davy ha hecho advertir que los hidrácidos al combinarse con el amoniaco, dan siempre compuestos privados de agua. Los oxácidos, al contrario, forman con la misma base sales que retienen siempre á este líquido con mas ó menos fuerza. Luego no se puede de ninguna manera dar como evidente la existencia del agua en los hidro-fluatos de amoniaco.

Segun el mismo observador, se obtiene tratando el hidrofluato de amoniaco por el potasio, un producto sólido que no es otra cosa que el fluoruro de potasio y un producto gaseoso formado de un volúmen de hidrógeno y dos de amoniaco. Luego la reaccion del potasio sobre el hidro-clorato de amoniaco dará evidentemente orígen á los mismos productos, porque esta última sal contiene:

$\frac{1}{2}$ vol. hidrógeno. $\frac{1}{2}$ vol. cloro	1 vol ácido hidro-clórico.
$\frac{1}{2}$ vol. azoe....... $1\frac{1}{2}$ vol. hidrógeno.	1 vol. amoniaco.

Apoderándose el potasio del cloro, queda $\frac{1}{2}$ vol. hidrógeno y 1 vol. amoniaco, ó bien 1 vol. hidrógeno y 2 vol. amoniaco.

Este esperimento notable autoriza la suposicion que hemos

admitido y permite establecer que sigue la composicion del ácido hidro-fluórico.

1 át. fluor...............	116,9	ó bien	94,93
1 át. hidróg............	6,24		5,07
2 át. ácido hidro-fluor.	123,14		100,00

101. *Usos.*—No empleando el ácido hidro-clórico sino para grabar sobre el cristal, no hablaremos de sus aplicaciones sino al estudiar lo concerniente á esta materia. Entonces conoceremos los compuestos que se forman durante esta reaccion, lo que hará la esposicion de los procedimientos mas sencilla y facil.

CAPITULO VII.

AZUFRE. — ACIDO HIDRO-SULFÚRICO. — HIDRURO DE AZUFRE. — ACIDO SULFUROSO. — ACIDO HIPO-SULFUROSO. — ACIDO SULFÚRICO. — ACIDO HIPO-SULFÚRICO. — CLORURO DE AZUFRE. — BROMURO DE AZUFRE. — IODURO DE AZUFRE.

102. Entre los cuerpos simples no metálicos, el azufre es sin contradiccion uno de los mas importantes. Puro, es el objeto de un comercio considerable; combinado con el oxígeno, da origen á dos ácidos útiles, de los cuales el uno es el ácido sulfuroso, indispensable para el blanqueo de las materias animales, y el otro el ácido sulfúrico tan manejado en el dia por todos los fabricantes. Bajo estas tres formas, el azufre constituye tres materias principales de fabricacion, de las que el consumo actual es enorme.

En consecuencia de esto no es de admirar la estension con

que está tratado este capítulo; temeriamos al contraernos á los límites indicados por los que preceden, que los detalles que hubiéramos podido manifestar no fueran suficientes.

Azufre.

103. Este cuerpo simple, tan conocido de todo el mundo, se encuentra puro ó casi puro en las cercanías de la mayor parte de los volcanes en actividad. Asi su existencia y muchas de sus propiedades estan ya marcadas en los escritos mas antiguos que poseemos. No solamente los productos volcánicos recientes estan incrustados de azufre ya en polvo, ya mas ó menos bien cristalizado, sino tambien los volcanes que se hallan actualmente en actividad exhalan sin cesar vapor de azufre que se condensa en las cercanías de sus cráteres.

Es muy probable que el fuego de los volcanes ó de las sulfataras se limite á sublimar los depósitos profundos de azufre. En efecto, este cuerpo ha sido observado en todos los terrenos; M. Humboldt lo ha encontrado en América en los terrenos primitivos, se le ha observado igualmente en los terrenos intermedios, y se conocen abundantes depósitos en los terrenos secundarios donde acompaña muchas veces al espejuelo y á la sal marina. Es muy raro en los terrenos terciarios; pero sin embargo, se le encuentra algunas veces acompañando á las lignitas ó al espejuelo.

Las aguas cargadas de ácido hidro-sulfúrico depositan continuamente el azufre en sus lechos; asi se le ve formar á nuestra vista, por decirlo asi, en todos los sitios donde el ácido hidro-sulfúrico toma su nacimiento. En las letrinas y sumideros se observan muchas veces depósitos de azufre, que

provienen sin duda de la accion del aire sobre el ácido hidrosulfúrico que la putrefaccion ha producido.

Pero este no está al estado libre en que el azufre se encuentra ordinariamente. Combinado con los metales y constituyendo los sulfuros, se acidifica y combina con las bases bajo forma de sulfato, y se presenta en abundancia en todos los terrenos.

104. *Propiedades.*—El azufre es de un hermoso color amarillo de limon en su estado ordinario, es fragil y puede reducirse á polvo fácilmente. Adquiere por el frotamiento un ligero olor, al mismo tiempo que se constituye en estado eléctrico. Se desenvuelve en él la electricidad negativa. Este cuerpo es mal conductor de la electricidad y del calor; asi cuando se calienta un cilindro de azufre con la mano solamente, la desigual dilatacion de sus partes basta para determinar prontamente unas hendiduras que anuncian su separacion; muchas veces sucede esto hasta tal punto que el cilindro se rompe en la parte recalentada. La densidad ordinaria del azufre es cerca de 1,99; pero operando al abrigo de la influencia del aire adhieren sus cavidades y se halla entonces que es de 2,087. Su poder refringente es muy considerable.

La cristalizacion del azufre puede operarse de muchas maneras, y los diversos cristales obtenidos de esta suerte dan lugar á observaciones de un alto interés, debidos á M. Mitscherlich. La naturaleza, como ya hemos dicho, nos ofrece muchas veces el azufre cristalizado; el arte puede darle tambien esta forma por dos procedimientos esencialmente diferentes. El primero consiste en disolver el azufre en ciertos cuerpos tales como el sulfuro de carbono, que pueden cargarse de él, y que en seguida le abandonan poco á poco, bien sea por su evaporacion, bien por un descenso conveniente de temperatu-

ra. El azufre depositado lentamente de esta manera, toma una forma cristalina muy regular y produce mucahs veces cristales aislados bastante voluminosos. Puede obtenerse ademas el azufre cristalizado por otro método. Consiste, pues, en fundir este cuerpo en un crisol y dejarle enfriar muy lentamente. Cuando la superficie se ha solidificado, se la atraviesa por medio de un hierro caliente, y se decanta todo el azufre que permanece todavia líquido. El interior del crisol presenta entonces una multitud de agujas cristalinas de una trasparencia perfecta; pero la pierden prontamente al aire y se vuelven opacas y muy friables.

Segun M. Mitscherlich, el azufre obtenido por la evaporacion del carburo de azufre sulfurado, cristaliza en octaedros de bases rombas, que derivan del sistema prismático rectangular, como los cristales que se encuentran en la naturaleza. Los que han sido formados por la fusion, estan al contrario formados por prismas oblícuos de bases rombas, cuya forma es enteramente incompatible con la precedente. Este es sin duda uno de los mas bellos descubrimientos de M. Mitscherlich, y cuando haya recibido una aplicacion mas general puede esperarse que esparcirá nuevas luces sobre las disposiciones íntimas de las moléculas de los cuerpos.

El azufre funde entre 107° y 109° c. A esta temperatura es muy fluido y conserva su bello color de limon. Estos caracteres permanecen en él, hasta cerca de los 140° c.; pero cnando ha pasado este término, ofrece fenómenos muy curiosos. A 160° c., por ejemplo, empieza á espesarse, su color se vuelve rojizo, y si se continúa elevando su temperatura, concluye por adquirir una consistencia tal, que puede volverse boca abajo el vaso que le contiene sin que por esto se vierta, ni la materia cambie de sitio. Entre los 220° y 250° es cuan-

do este fenómeno se hace mas notable; pasado este término, y sobre todo hácia el punto de ebullicion, vuelve á tomar alguna fluidez: pero no pierde el color rojo oscuro que el calor le ha hecho adquirir y no vuelve á tomar la fluidez que tenia á los 109°. Por lo demas, conduciéndole por el enfriamiento á esta temperatura, vuelve el estado de fluido; calentándole de nuevo vuelve á espesarse y al fenómeno puede reproducirse indefinidamente, lo que prueba que este no es debido á ninguna alteracion química.

El punto de ebullicion del azufre no debe estar lejos de los 400° c.

105. Es muy admirable sin duda que por una elevacion de temperatura pueda solidificarse el azufre; pero los fenómenos que vamos á esponer no son menos singulares.

Cuando se enfria repentinamente el azufre fundido se vuelve quebradizo, mientras que el azufre espesado por el fuego y sometido al mismo tratamiento permanece blando, y tanto mas cuanto mas elevada esté su temperatura. Veamos aqui el detalle de algunos esperimentos practicados á este efecto.

Temperatura.	Azufre caliente	Azufre enfriado repentinamente por la inmersion en agua fria.
110° c..........	Muy líquido, amarillo.	Muy friable, color ordinario.
140° c..........	Líquido, amarillo subido.	Muy friable, color ordinario.
170° c..........	Espeso, amarillo de naranja.	Friable, color ordinario.

190° c..........	Mas espeso, naranja.	Blando y trasparente desde luego, pero muy pronto friable y opaco, color ordinario.
220° c..........	Viscoso, rojizo....	Blando y trasparente, color de suecino.
240° á 260° c.	Muy viscoso, rojo moreno.	Muy blando trasparente, de color rojizo.
Punto de ebullicion.	Menos viscoso, rojo moreno.	Muy blando trasparente, color rojo oscuro.

En todos estos casos, el azufre fué proyectado en el agua en el momento que adquirió la temperatura á que se deseaba ensayar. No es por lo tanto necesario, bien que todas las obras de química indican esta precaucion, calentar el azufre durante mucho tiempo para obtenerle blando; todo depende de la temperatura. La única precaucion que es necesario tomar consiste en verterlo sobre una cantidad de agua bastante grande, para que el enfriamiento sea repentino, y pueda al mismo tiempo dividir al azufre en gotas pequeñas; porque si se introduce en el agua en masa grande, el interior se enfria lentamente y vuelve á pasar al estado de dureza que tenia antes de la operacion.

Cuando el esperimento está bien hecho sobre el azufre elevado á 230° ó mas, se obtiene tan blando y tan ductil que pueden hacerse de él hilos tan finos como un cabello y de muchos pies de longitud.

Hay, pues, una relacion constante entre la temperatura á que se opera el temple y la alteracion que el azufre esperimenta. Es muy notable, sin duda, que el azufre se ablande

por el temple en vez de endurecerse; este es un ejemplo que puede añadirse al del bronce, y que se opone á las teorías imaginadas para esplicar el temple del acero y del vidrio: es ademas una circunstancia muy singular la trasparencia que conserva el azufre blando, mientras el endurecido se vuelve repentinamente opaco.

Es dificil determinar una causa á unos fenómenos tan distantes de las modificaciones habituales de la materia; con todo, se percibe muy claramente como causa próxima el paso al estado cristalino. Cuando el azufre cristaliza, se vuelve duro, quebradizo y opaco; cuando el enfriamiento repentino impide su cristalizacion, queda blando, trasparente y conserva este estado particular hasta el momento en que cristaliza, lo que se efectúa casi siempre veinte ó treinta horas despues del temple.

Existe sin duda alguna relacion entre estos hechos y las observaciones singulares de M. Thenard sobre el fósforo, del cual diremos bien pronto algunas palabras.

106. El azufre blando puede ser empleado con buen éxito en las artes para tomar las impresiones delicadas hechas naturalmente en las piedras, por las plantas, ó de otro género, como las de las medallas, monedas, sellos ó dibujos de cualquiera clase en relieve y en cóncavo. Como al cabo de algunos dias toma su dureza primitiva, las impresiones que produce pueden servir á la vez de matrices para formar moldes que conserven sus detalles con pureza: estas impresiones se obtienen calentando el azufre convenientemente y aplicándole sobre moldes de yeso. Se bruñe en seguida la medalla con plombajina, que se estiende por medio de una brocha. Mas adelante (124) se hallarán algunos detalles sobre esta clase de amoldado.

107. Hemos dicho ya que el azufre puede volatilizarse y puede cualquiera asegurarse fácilmente de esta propiedad calentando algunos granos de este cuerpo en una retorta de vidrio : el azufre entra bien pronto en ebullicion , y su vapor viene á condensarse en la cúpula ó en el cuello de la retorta bajo la forma de un polvo fino; á esto se da el nombre de *flor de azufre.* Continuando la operacion este toca poco á poco al punto necesario de su fusion , y resbala por el pico de la retorta bajo la forma de un líquido de color rojo ó de limon, que se fija cuando llega al recipiente.

108. Calentándole al contacto del aire , y con mayor razon en el gas oxígeno, el azufre arde hácia la temperatura de 150° c.; su llama es azul: se sabe generalmente que esta combustion ocasiona vapores picantes. Estos son del ácido sulfuroso que se forma en este caso, como vamos á observar bien pronto, cuando el aire está seco, y ademas un poco de ácido sulfúrico si este gas está húmedo.

109. *Preparacion.*—Pueden dividirse en dos los procedimientos que suministran el azufre al comercio. Los primeros se limitan á purificar este cuerpo que la naturaleza ofrece muchas veces al estado aislado y mezclado simplemente con materias terrosas; los otros al contrario, estan fundados sobre la descomposicion de algunos sulfuros metálicos por el calor.

110. La purificacion del azufre natural se compone en general de dos destilaciones; la primera ejecutada groseramente sobre los sitios de la estraccion, ó á poca distancia tiene por objeto hacer el trasporte menos costoso; la segunda hecha con mayor cuidado en el sitio donde tiene el consumo, reduce el azufre al estado conveniente para sus diversos empleos.

La primera destilacion se ejecuta en un horno de galera;

este es un horno largo, en el cual se disponen diez ó doce vasos de tierra en dos filas separadas por un espacio de veinte pulgadas. Estos vasos tienen cada uno cerca de veinte litros (unos 40 cuartillos) de capacidad; en su parte superior tienen una abertura que se cierra durante la destilacion, y que sirve para introducir el azufre y estraer el resíduo. En su parte superior y lateral llevan un pico que se comunica con un tubo de barro inclinado, de dos pulgadas de diámetro por catorce de longitud, por medio del cual el azufre sublimado pasa á un vaso de tierra atravesado en su fondo, de donde cae á un depósito de madera lleno de agua, y alli se fija y se estrae de tiempo en tiempo para espenderlo en el comercio. Los vasos estan recibidos en la fábrica del horno, de tal modo que sus vientres colocados en lo interior estan espuestos á la accion del calor en tanto que sus dos aberturas vienen á presentarse fuera del horno. Se llenan estos vasos de pedazos de mina de azufre del tamaño de un huevo; en seguida se enloda la cubierta y se calienta. El azufre se funde, se ahueca y destila; pero él arrastra siempre de doce á quince por ciento de materias terrosas, por lo cual se hace necesario dirigir mejor esta operacion. Sin embargo, la mayor parte de estas materias terrosas quedan en la caldera; se estraen con unas cucharas á propósito, y los vasos se cargan de nuevo. (Lám. 8, fig. 1). El azufre preparado de este modo se obtiene en pedazos irregulares, y lleva el nombre de azufre bruto; mas por una nueva destilacion se le convierte al estado de flores de azufre ó de azufre en cañon.

111. Otras veces se fabrica el azufre en cañon fundiendo el azufre bruto en una caldera de fundicion. Se dejan depositar las materias terrosas, y se separa el azufre que sobrenada por medio de cucharas de hierro, se vierte sobre moldes

do de flores de de madera de aveto. (Lám. 8, fig. 2.)

Se distinguen tres variedades de azufre bruto. El que mas se aproxima por su color al azufre en cañon ordinario, se mira como el mas facil de purificar por este procedimiento. Se encuentra otro de un color amarillo subido; y en fin, otro de un amarillo moreno. Estas dos últimas variedades parecen debidas al empleo de un calor demasiado fuerte al efectuar la fabricacion del azufre bruto. Se cree que el azufre amarillo puede refinarse sin inconveniente por medio de un fuego vivo, mientras las otras dos exigen una temperatura moderada. En general, se mezclan cuando se quiere proceder á refinarlos por fusion, á fin de obtener mas fácilmente un producto uniforme. Es probable, sin embargo, que si se tiene la precaucion de no colar el azufre sino cuando ha adquirido una temperatura de 110 á 115° c., su color será siempre de limon, cualquiera que sea el de la materia primera, porque se producen en el momento de colarle fenómenos análogos á los que hemos estudiado al hablar del temple del azufre. Estas reflexiones se aplican igualmente al procedimiento de que vamos á ocuparnos.

112. En el dia se ejecuta esta fabricacion por un procedimiento semejante al que suministra la flor de azufre por medio de un aparato, cuya invencion es debida á M. Michel, fabricante muy distinguido en Marsella.

Este aparato (Lám. 8, fig. 3) consiste en una caldera de fundicion que hace las funciones de una retorta, y en una cámara espaciosa que sirve de recipiente. La caldera de fundicion (*a*) debe tener 3 centímetros (15,50 lín.) de espesor, y debe contener de 700 á 800 kilóg. de azufre (de 1521,422 á 1738,768 libras) la carga ordinaria es de 500 á 600 kil., (de 1086,730 á 1304,076 libras) descansa sobre un horno,

cuyo fogon está en *f.* y el cenicero en *c.* La fábrica del horno forma sobre la caldera un conducto que imita al cuello de una retorta. Delante de este conducto se halla colocada una puerta gruesa de fundicion *p.*, que sirve para estraer los resíduos é introducir el azufre. Esta puerta está sostenida por medio de una barra de hiero fijada en dos espigas bien recibidas. Saliendo el vapor de azufre de la caldera, penetra al través del conducto *x*, y se dirige á una cámara *dddd*, sobre cuyas paredes se condensa en polvo fino ; esta es la flor de azufre. Esta cámara está provista de dos válvulas , que permiten la salida al esceso de gas sin dejar al aire atmosférico la facultad de entrar en el aparato libremente. Las válvulas no son otra cosa que dos placas de palastro, montadas sobre unos cuadros de hierro.

Por medio de algunas ligeras modificaciones se puede con este aparato producir á voluntad azufre en flor ó azufre en cañon. Se concibe, en efecto, que el vapor que se condensa desde luego rápidamente por el contacto de las paredes frias de la cámara ha debido calentarlas progresivamente: asi llega un término en que el vapor en vez de solidificarse reparte su calor con el azufre ya condensado, y le reduce al estado líquido al mismo tiempo que él esperimenta la misma alteracion, en lo que se advierte que es necesario para obtener el azufre en flor interrumpir la operacion á cierta época, y para obtenerle líquido conviene por el contrario hacerla contínua. Se concibe además, que hay la ventaja de aumentar las dimensiones de la cámara en el primer caso, y de disminuirlas en el segundo. En fin, para estraer la flor de azufre será necesario penetrar por una puerta en la cámara, mientras que para estraer el azufre líquido bastará practicar en el suelo unos conductos provistos de llaves, que facilitarán la salida al azufre, y le

conducirán á los moldes. En este caso no habrá necesidad de abrir la puerta sino para limpiar la cámara ó para hacer alguna reparacion interior en ella. Esta puerta se hace tambien de fundicion gruesa, y debe estar recibida y enlodada con mucho cuidado.

Tal es, en efecto, la reunion de las modificaciones que esperimentan estos aparatos.

Destilando 100 kilógramas de azufre por hora (217,346 libras) en una cámara de 64 metros cúbicos de capacidad (2958,496 pies cúbicos), y continuando la operacion dia y noche, se obtendrá azufre líquido. Destilando 100 kilógramas de azufre por hora en una cámara de 320 metros cúbicos de capacidad (14792,322 pies cúb.) y no trabajando sino de dia se producirá por el contrario azufre en flores.

El azufre líquido se le da la forma designada bajo el nombre de azufre en cañon vaciándole en moldes ligeramente cónicos, de madera de aveto mojados, pero bien escurridos. El azufre al enfriarse en los moldes cristaliza, y toma una contraccion que se hace sensible por la especie de cavidad llena de agujas confusas que los cañones presentan siempre hácia su eje del lado correspondiente á la parte superior del molde. (Lám. 8, fig. 5.)

113. El mas grave inconveniente que presenta este modo de operar, es debido á la facilidad con que se inflama el azufre. Puede suceder, y sucede algunas veces, que el vapor de azufre mezclado con el aire que ocupa la cámara sea elevado á la temperatura de 150° c., suficiente para la inflamacion de este cuerpo. En este caso, el gran volúmen de la mezcla gaseosa, la alta temperatura que la combustion desenvuelve, en fin, la condensacion repentina de todo el vapor de azufre que se trasforma en ácido sulfuroso, son otras tan-

tas causas que pueden contribuir á hacer estas detonaciones enérgicas y peligrosas. El mejor medio de evitarlas á mi parecer, consiste en cerrar las cámaras por medio de una válvula semejante á la que describiremos al hablar de la fabricacion del ácido sulfúrico, reemplazando en ella el agua por el aceite. Se destruirá todo el oxígeno de estas cámaras quemando en ellas azufre ó carbon, y se evitará la renovacion de este aire, cerrando por medio de una placa de fundicion la comunicacion entre la caldera y la cámara durante la introduccion del azufre y la estraccion de los resíduos. En las cámaras contínuas se podrán emplear con facilidad estos medios, porque una vez despejado de oxígeno el aire de la cámara no le volverá á tomar en mucho tiempo. Para las otras será menos facil hacer esta aplicacion.

114. Estas detonaciones que se repetian bastantes veces hace veinte años, se han hecho tan raras en el dia que son, por decirlo asi, desconocidas de los fabricantes. No sabemos si se puede esplicar el hecho, porque la única modificacion notable que se puede introducir en la marcha de la operacion, consiste en una decantacion preliminar que se hace esperimentar al azufre destinado á la destilacion. Esta tiene por objeto aparente el poner el azufre bastante puro para no verse obligado á estraer el resíduo á cada destilacion. Los operarios encargados en la limpieza de la caldera, estando espuestos á la accion del ácido sulfuroso durante algunos minutos, se encuentran muy incomodados. Se ha imaginado un modo de alimentar la caldera que merece ser conocido. El humo del combustible colocado debajo de la caldera de destilacion, en vez de subir directamente á la chimenea circula al rededor de una gran caldera abierta donde se coloca el azufre bruto. Este se liquida, y las materias estrañas que contiene se depositan. Del fondo

de la caldera de destilacion parte un tubo que viene á atravesar la caldera de decantacion en toda su altura. La porcion de tubo que atraviesa de esta suerte la masa de azufre por decantar, está provista de tubuladuras con válvulas colocadas á diferentes alturas, que permiten llegar á la caldera de destilacion todas las porciones de azufre que se decantan sucesivamente. Esta disposicion permite, como se advierte, el fabricar con mas ligereza, puesto que el azufre puede mantenerse constantemente hirviendo en las calderas; economiza una gran cantidad de combustible, y por último, hace las limpiezas de la caldera muy raras. Las calderas de destilacion duran ademas mucho mas tiempo, estando menos engrasadas y teniendo una temperatura menos elevada y mas uniforme.

En cuanto á la influencia de la decantacion sobre las detonaciones, podemos esplicarla de este modo: el azufre bruto sometido á la destilacion desprende una cantidad bastante grande de ácido hidro-sulfúrico, como tambien una materia oleosa análoga á la nafta; y deja por resíduo sílice, sulfuro de hierro, carbonato de cal y una especie de betun (Vauquelin, An. de qui., t. 25, p. 50). No es improbable que la presencia del ácido hidro-sulfúrico y del vapor oleoso en las cámaras haya contribuido con mucho á las detonaciones. La decantacion que en el dia se hace esperimentar al azufre, tendrá ademas de las ventajas ya marcadas, la de privar al azufre bruto del aceite que pasando al estado de vapor, ó descomponiéndose de modo que dé lugar á la formacion del ácido hidro-sulfúrico, contribuye á que la atmósfera de las cámaras se haga detonante (1).

---

(1) El depósito gris que deja la decantacion, posee un brillo metálico, es conocido con el nombre de *grasa de azufre*; dista mucho de estar privado

Sea lo que quiera de la causa que hace las detonaciones menos frecuentes, indicaremos las épocas de la operacion en que deben temerse, suponiendo que se destila el azufre sin decantar, recomendando siempre esta detonacion antes que la destilacion se efectúe.

115. En las dos operaciones que vamos á describir se efectúa una verdadera destilacion; pero la temperatura del recipiente no debe llegar á 107° c. cuando se quiere obtener el azufre en flores, y por el contrario, debe pasar un poco de este término si se quiere obtener líquido.

Supongamos que se tiene por objeto la fabricacion de las flores de azufre. Estando la caldera cargada, las puertas bien enlodadas y las válvulas jugando libremente, puede empezarse á dar fuego al aparato. Como el azufre bruto contiene agua en mas ó menos cantidad, esta se volatiliza á los 100° dejando percibir una especie de ebullicion. Este ruido cesa bien pronto; á 107° el azufre se liquida, y cuando su temperatura ha llegado á 150° estando espuesta su superficie al contacto del aire se inflama. Pero bien pronto se detiene esta combustion, el aire en contacto con el azufre se encuentra despojado de una parte considerable de su oxígeno y cargado de una cantidad proporcional de ácido sulfuroso. En el momento en que el azufre se inflama, las válvulas se abren y los vapores ácidos se precipitan fuera de la cámara con mayor ó menor rapidez. Entonces se puede aumentar el fuego y avivarle hasta que el azufre entre en ebullicion. Desde este momento es ne-

de todo el azufre, puesto que se han servido de él durante mucho tiempo para la fabricacion del ácido sulfúrico. No pudiendo los destiladores venderle ya para este uso, juntan grandes cantidades de las que no pueden sacar ningun partido, sin duda á causa de la presencia del betun que incomoda para todas las industrias á que se le quiera aplicar.

cesario mantener un fuego suave, á fin de que el vapor de azufre no afluya en cantidad demasiado considerable á la cámara y su condensacion sobre las paredes sea repentina. Se reconoce si la temperatura está bastante elevada, observando la de la placa de fundicion, que cierra la abertura colocada sobre la caldera. Debe estar bastante caliente para inflamar los fragmentos de azufre que se colocan en ella. Se advierte que la operacion está terminada, cuando introduciendo una baqueta de hierro en la caldera, por medio de un agujero practicado en la puerta de fundicion, sale sin conservar la impresion del azufre líquido. Queda un resíduo que se recoge con una cuchara de hierro despues de haber desenlodado la placa. Se vuelve á introducir una nueva dósis de azufre y á colocar la placa. Este es el momento crítico para las detonaciones, porque la atmósfera de la cámara se compone de vapor de azufre, de ácido hidro sulfúrico, de vapor oleoso, de ácido sulfuruso, de azoe y de una cantidad variable de oxígeno. Si durante la carga de la caldera no se introduce aire, esta mezcla contendrá probablemente demasiado poco oxígeno para ser detonante, pero desde que se levanta la placa el aire esterior se precipita en la cámara de tal suerte, que cuando vuelve á empezar la destilacion, los fenómenos de inflamacion del azufre se renuevan y pueden hacerse muy peligrosos. Un registro que cerrará la comunicacion entre la cámara y el aire esterior durante la carga, podrá pues, ser muy util. Los mismos fenómenos, las mismas observaciones se representarán en las operaciones siguientes.

Pero es imposible que el calórico latente del vapor de azufre cedido á las paredes de la cámara en el momento de la precipitacion no eleve su temperatura. Todo el arte consiste en conducir la operacion de tal manera que este aumento no sea

bastante rápido para elevar las paredes á 107° c. Se realiza esta condicion interrumpiendo el trabajo y dejando de esta suerte á las paredes el tiempo necesario para enfriarse, bien sea por la irradiacion, bien por el contacto del aire esterior.

A pesar de esta precaucion, las partes próximas á la caldera ofrecen muchas veces azufre fundido, las paredes de la cámara presentan tambien azufre en pequeños granos arenosos, y aun algunas veces cristales de azufre. Parece que se haria esta operacion mas regular y mas rápida, aumentando los medios de enfriamiento. Se podria, por ejemplo, hacer atravesar las cámaras por tubos de fundicion llenos de agua fria que fuera lentamente renovada; esto permitiria tal vez reducir las dimensiones de las cámaras y hacer la destilacion con mas rapidez.

Por el procedimiento ordinario la pérdida es de 18 ó 20 por 100. Esta proviene en parte de la combustion del azufre que se repite muchas veces, porque para acelerar el enfriamiento de las cámaras, se abren de tiempo en tiempo las válvulas durante las horas de reposo, á fin de dar entrada al aire frio. Asi las flores de azufre del comercio estan siempre impregnadas de ácido sulfuroso ó sulfúrico que proviene de estas combustiones repetidas. Se las purifica fácilmente por algunas lavaduras de agua (1).

116. La modificacion propuesta por M. Michel reduce la pérdida á 11 ó 12 por 100 y hace la fabricacion mucho mas activa. El azufre destilado se encuentra tan puro como el azufre en flores. La operacion es mucho mas sencilla, porque en

---

(1) Cuando se evacua el aire de las cámaras para penetrar en ellas, está bastante cargado de ácido sulfúrico en vapor, para perjudicar á la vejetacion de los alrededores de las fábricas.

vez de todos estos medios tan irregulares de enfriamiento para las cámaras, no hay que ocuparse ya sino en mantener su temperatura sobre 170°, por una celeridad en las destilaciones, que viene á ser un beneficio cierto y considerable. En lugar de una sola caldera, se emplean ordinariamente dos ó mas para una sola cámara. Esta modificacion permite fabricar con menos pérdida y menos fondos en un solo aparato la misma cantidad de azufre purificado, que se produciria por dos ó mas aparatos con una sola cáldera.

Cuando la primera caldera ha llegado al punto necesario de la inflamacion del azufre, se presentan todos los fenómenos ya citados. Habiendo empezado el soplo mas ó menos vivo que caracteriza esta época, la destilacion se efectúa sin obstáculo, porque ya no queda oxígeno en el cuello de la retorta, ó el azufre en vapor posee la temperatura de 150° c., necesaria para su inflamacion. Pero si la cámara contiene una mezcla detonante, se concibe que en el momento en que la segunda caldera llegue á la temperatura de 150°, la detonacion débil que producirá la inflamacion del azufre comunicándose á la atmósfera de la cámara, se hallará trasformada en una detonacion mas ó menos violenta. Entonces la única precaucion posible, que es la concerniente á la movilidad de las válvulas, podrá muchas veces ser insuficiente. Asi se han efectuado en los primeros tiempos de la introduccion del procedimiento, detonaciones de esta especie que han conmovido las cámaras, levantado sus techos y aun reventado las puertas de fundicion que cerraban sus aberturas.

Las calderas pueden cargarse ocho ó nueve veces antes de proceder á recoger el azufre. Esta continuacion de destilaciones es necesaria para elevar la cámara á la temperatura conveniente á la licuacion del azufre. Se reconoce que es lle-

gado este término, cuando arrojando un pedazo de azufre por una de las válvulas, ocasiona su caida un ruido semejante al que se efectúa en general, al caer un cuerpo sólido en un líquido. Será mejor hacer uso de algunos termómetros, cuyas bolas estarán colocadas en las cámaras, y las escalas fuera. Podrá conocerse de esta manera, no solamente si el azufre se halla en punto de fusion, sino tambien si este punto ha pasado ya. En efecto, cuando se presenta este último caso, en vez de ofrecer el azufre el color de limon que exige para el comercio, toma un color moreno que le hace despreciable á los ojos de los consumidores, aunque su pureza sea realmente la misma (1).

117. El paso del azufre á los moldes se opera de una manera muy sencilla: se destapa el conducto esterior de la cámara, se funde el azufre que la obstruye, y el azufre líquido llega sin obstáculo á los moldes. Cuando se destila el azufre bruto es preciso tener cuidado no estraer todo el que contiene la cámara, porque el baño está cubierto de una capa de agua impregnada de ácido sulfuroso y sulfúrico, que ataca á las placas de fundicion y produce en el líquido un color negruzco. Las últimas porciones de azufre estarán mas ó menos sucias, y exigen una nueva destilacion. Como esta proporcion de azufre impuro queda constante, sea cualquiera la dósis de líquido ácido, vale mas en este caso no apurar la estraccion, sino las menos veces posible (2).

---

(1) Esta modificacion de matiz puede provenir algunas veces de la presencia del aceite que acompaña á todos los azufres brutos, asi como todas las modificaciones indicadas ya en estos (111). Todas estas cuestiones reclaman un nuevo exámen.

(2) En la mayor parte de las fábricas de azufre destilado tienen la costumbre de colocar entre tanto en la cámara cierta cantidad de azufre

118. El azufre se estrae tambien de algunos sulfuros metálicos; en este caso, la primera operacion que debe producir el azufre bruto, se ejecuta de una manera diferente. Observemos desde luego, que en muchas operaciones metalúrgicas, fundadas sobre el tratamiento de los sulfuros, se empieza por desembarazarse de una parte del azufre que estos contienen. Tal es el caso para el tratamiento del sulfuro doble de hierro y de cobre en la esplotacion de este metal; tal es tambien en la fabricacion del sulfato de hierro por medio del sulfuro de hierro nativo. La separacion del azufre de los sulfuros de cobre está totalmente ligada con la esplotacion del metal, y tan poco productiva en azufre, que se hallará mejor colocada en la parte de esta obra en que nos ocupemos de la estraccion del cobre.

119. No sucede lo mismo en el tratamiento del persulfuro de hierro, pues se le puede esplotar con ventaja por azufre, relacionando esta operacion con la fabricacion del sulfato de hierro. Para comprender bien esta esplotacion, bastará decir aqui que el persulfuro de hierro es muy abundante en muchos lugares, y que está compuesto de manera que si se le priva de la mitad de su azufre, el hierro y el azufre se encontrarán entonces en proporciones tales, que si el metal está trasformado en protóxido, y el azufre en ácido sulfúrico, resultará sulfato neutro de protóxido de hierro. Luego el persulfuro de hierro nativo contiene 54 por 100 de azufre: puede, por lo tanto, perderse 27 por 100 sin que la fabricacion

---

simplemente decantado, que se funde á espensas del calórico lantente de los vapores de la porcion que se destila. El azufre destilado del comercio, es pues realmente una mezcla de azufre destilado y azufre decantado.

del sulfato sea contrariada. La accion del calor es suficiente para desprender de la combinacion, si no la totalidad, al menos una parte de este esceso de azufre. Veremos por lo que sigue, que el azufre separado por el color hace justamente los $\frac{2}{5}$ del que contiene el persulfuro de hierro, es decir, 21 ó 22 por 100 de persulfuro al poco mas ó menos. Desgraciadamente no puede llegarse aun á este término, sino empleando un calor capaz de fundir el sulfuro de hierro que constituye el resíduo; circunstancia que es necesario evitar con mucho cuidado, porque de lo contrario seria preciso destruir los aparatos destilatorios para estraerle. La esperiencia prueba que contentándose con estraer el 13 ó 14 por 100 de azufre, el resíduo queda pulverulento, y por consiguiente facil de estraer de los aparatos.

Sentado esto, la operacion será facil de entender.

120. El procedimiento que se aplica es conocido hace mucho tiempo: se emplea en Sajonia y en Bohemia de una manera bastante general; pero en Francia no ha tomado sino un desarrollo muy limitado, y ni aun ha sido puesto en uso sino de algunos años á esta parte. Su importacion es debida á M. Dartigues, uno de los mas hábiles fabricantes.

En Sajonia y en Bohemia (Lám. 8, fig. 4) se disponen atravesados en un horno de galera unos tubos de barro, abiertos por sus dos estremos y pasando ligeramente el espesor del horno. Estos tubos son mas estrechos por un estremo, y se inclinan en el horno con una pendiente de una pulgada, de modo que este estremo se halle el mas bajo. Se coloca interiormente en el estremo mas estrecho é inclinado una estrella de barro que impida descender al mineral, y cuyos lados vacíos dejen el sitio necesario para colarse el azufre ó dar paso á su vapor. A esta estremidad se adapta un tubo de bar-

ro, que sirve para conducir el azufre á un recipiente que contiene agua, donde se condensa. Este recipiente es de madera; está cubierto con una plancha de plomo que tiene un agugero para dar paso al aire dilatado. Dispuesto todo de esta manera, se introduce el persulfuro de hierro por la abertura larga, se cierra esta con una placa de barro, se enlodan las junturas, y se procede á la destilacion. Por la disposicion del aparato puede colarse el azufre, de modo que no hay necesidad de una temperatura muy elevada en toda la estension del tubo; pero de esta suerte, puede encontrarse el producto mezclado con algunas impurezas.

Cada horno está provisto de doce ó veinte y cuatro tubos, cada uno de estos recibe 12,5 kilógramas (27,0675 libras) de mineral, y la destilacion dura ocho horas.

En un horno de veinte y cuatro tubos se destilan, pues, 63 quintales metr. de azufre: de modo que se estraen por semana 85 quintales metr. de azufre; esto es, cerca de 14 por 100, como hemos dicho antes.

M. Dartigues, en su fábrica situada en las cercanías de Namur, no ha hecho otra modificacion á este procedimiento que emplear los tubos cilíndricos colocados horizontalmente; por lo demas el trabajo se dirige del mismo modo.

Introduce 25 kilógramas (54,336 libras) de materia á cada vez y en cada tubo. Estos son veinte y cuatro en cada horno: la destilacion se termina al cabo de seis horas.

Como M. Dartigues carga dos veces mas de materia, y la destilacion dura menos, puede tratar 168 quintales metr. por semana y estraer 22 á 23 quintales metr. de azufre; estrae tambien 13 á 14 por 100 de azufre solamente, por los motivos anteriormente espuestos.

121. Se observa que en todas estas operaciones el azufre

obtenido es al poco mas ó menos la cuarta parte del que contenia la pirita. Esta circunstancia parece indicar que el resíduo es una combinacion de proporciones determinadas, y tales, que estando el persulfuro formado de un átomo de hierro y dos de azufre, este residuo consistirá en dos átomos de hierro y tres de azufre, de donde se deduce que este será el sulfuro correspondiente al óxido rojo de hierro; siguiéndose tambien de aqui que en peroxidando el hierro y acidificando el azufre, podrá resultar el sulfato neutro de peróxido de hierro. Mas adelante veremos en qué consiste que este resíduo por su esposicion al aire, da ademas sulfato de protóxido de hierro en abundancia.

122. La estraccion del azufre por el procedimiento que acabamos de examinar es muy facil. Entre tanto, como es necesario para que se practique con provecho procurarse tubos de barro de buena calidad, combustible á un precio bajo y persulfuro de hierro en abundancia, su aplicacion se halla muy reducida. Pocos son los paises en donde el precio del azufre es bastante subido para poder establecer una fabricacion de este género, no estando favorecidos por las circunstancias que acabamos de indicar. Pero sin embargo, donde se hallan reunidos el carbon de piedra una buena arcilla y aceite, la esplotacion debe ser ventajosa, particularmente donde el comercio marítimo es libre y los trasportes del azufre se hacen con facilidad.

Se puede observar que el azufre preparado de este modo podrá obtenerse puro desde la primera operacion. En el caso contrario será preciso someterle á nueva destilacion, que se practicará en el aparato de M. Michel, descrito anteriormente.

123. *Usos.*—Nadie ignora que el azufre se emplea para

hacer pajuelas muy fáciles de inflamar. Su bajo precio permite aplicarle á esta fabricacion ; es necesario añadir que habrá pocas materias á propósito para llenar el mismo objeto. Una pajuela debe de estar guarnecida de una sustancia que se altere poco con el contacto del aire , inflamable á una baja temperatura y capaz de inflamar la leña. Estas tres condiciones independientes del precio bajo de la materia, serán difíciles de encontrar en ningun otro cuerpo. Es necesario advertir, en efecto, que si el azufre no se trasformára enteramente en gas ácido sulfuroso , y se produjera por el contrario al quemarse un ácido sólido por ejemplo, este último se fijaria en la leña é impediria la combustion. Esto es lo que sucede muchas veces cuando uno se sirve de las pajuelas fosfóricas.

La preparacion de las pajuelas es muy facil. Se disponen en paquetes y se colocan los dos estremos de estos en el azufre fundido. Cada pajuela lleva una gotita de azufre que se solidifica por el enfriamiento (1).

124. Se emplea tambien el azufre para hacer moldes y para estampar las impresiones de varios objetos. Para este efecto proponiéndose tomar en azufre la impresion de alguna medalla, es necesario untar esta con aceite , enjugarla ligeramente, en seguida rodearla de una cinta de plomo ó bien formar un pequeño reborde con cera. En fin se vierte sobre la pequeña caja que resulta y de la que una de las faces de la medalla constituye el fondo, yeso muy puro y bien fino en forma de lechada. Es necesario tener cuidado de agitar dul-

(1) Estas pajuelas son de madera cañiza y se usan en Francia; su empleo es mucho mas ventajoso que las de hilo porque apenas producen el ácido sulfuroso que tanto incomoda en estas últimas.

(N. de los traductores.)

cemente el yeso para evitar la introduccion en su masa de las burbujas de aire que podrian desfigurar la impresion. Cuando el yeso está solidificado, se desprende fácilmente de la medalla y se obtiene un molde en hueco. Por una operacion análoga y vertiendo sobre este molde azufre fundido, se obtienen impresiones exactamente iguales á la misma medalla. Se concibe que el reverso puede formarse del mismo modo, y que vertiendo el azufre sobre la medalla untada en aceite, pueden obtenerse las impresiones en hueco, sobre las que podrán hacerse á su vez de yeso en relieve. Es necesario advertir que el azufre al solidificarse se contrae, y el yeso por el contrario se dilata; de donde resulta que al formar las impresiones de yeso sobre azufre ó viceversa, las alteraciones del modelo producidas por uno de estos cuerpos son corregidas por el otro; lo que no podrá suceder no sirviéndose sino de yeso para hacer los moldes formándolos todos sobre esta sustancia.

El azufre se emplea para afianzar el hierro en la piedra.

Suministra por su combustion el ácido sulfuroso y por medios particulares el ácido sulfúrico.

Se combina con la potasa ó la cal, para hacer sulfuros que se emplean en la medicina; unido al mercurio se forma el cinabrio.

En fin entra en la composicion de la pólvora, cuyo uso no es el menos importante.

Mas adelante trataremos de todas sus aplicaciones.

Acido hidro-sulfúrico.

125. *Propiedades.*—El ácido hidro-sulfúrico es un gas sin color, de un olor y sabor semejante al de los huevos podridos y verdaderamente insoportables por su fetidez. Su

densidad es de 1,1912. Apaga los cuerpos en combustion, enrojece ligeramente la tintura del tornasol y se reduce á líquido por la presion y el enfriamiento.

La accion de este gas es tan deletérea, que un verderon perece en el momento, en una atmósfera que solo contenga $\frac{1}{1500}$ de su volúmen. La presencia de $\frac{1}{800}$ de este gas en el aire, basta para hacer perecer un perro de un tamaño mediano; en fin un caballo morirá al cabo de algun tiempo en un aire cargado de $\frac{1}{200}$ de este gas. Los accidentes que este cuerpo puede causar, se repiten con bastante frecuencia en los laboratorios, por prevenido que se esté contra su peligrosa actividad; pero podrán con algun cuidado evitarse siempre. Por lo demas la accion del cloro sobre el ácido hidro-sulfúrico es tan pronta que puede hacerse un uso muy ventajoso de este gas para prevenir ó destruir los efectos sofocantes del otro.

Un calor rojo hace esperimentar al ácido hidro-sulfúrico una descomposicion parcial. En este caso el hidrógeno y el azufre se encuentran libres. El oxígeno ó el aire seco no tienen accion sobre él á la temperatura ordinaria; pero á la temperatura roja, la mezcla se inflama, se forma agua, gas ácido sulfuroso y siempre un poco de ácido sulfúrico. Si el gas oxígeno se halla en cantidad demasiado pequeña se formará todavia agua, pero quedará un depósito de azufre. Esto es lo que sucede casi siempre cuando se inflama el gas contenido en una probeta y que toma el oxígeno del aire ambiente. La renovacion del aire es siempre demasiado lenta para que el azufre se queme enteramente, y en este caso, se obtiene á la vez agua, gas sulfuroso y azufre.

El gas hidrógeno sulfurado arde con una llama azul semejante á la del mismo azufre.

El cloro, el bromo y el iodo descomponen de repente el gas hidro-sulfúrico. Se forma siguiendo las proporciones ácidos hidro-clórico, hidro-brómico é hidro-iódico y un dopósito de azufre, ó bien los mismos ácidos y cloruros, bromuros y ioduros de azufre. El cloro ejerce su accion de una manera tan pronta, que el mejor medio de desinfestar el aire cargado de gas hidro-sulfúrico, consiste en hacer una fumigacion de cloro, ó bien repartir por el suelo un poco de disolucion acuosa de este gas: la purificacion del aire es repentina.

126. *Composicion.* — El gas ácido hidro-sulfúrico contiene un volúmen de gas hidrógeno igual al suyo. Esto se demuestra tratando este gas por medio del estaño metálico en una campana encorvada. Se introduce el gas medido en la campana y tambien algunos granos de estaño, que se calientan casi hasta el rojo cereza durante una media hora. En general todo el gas es entonces descompuesto y no queda sino el hidrógeno puro. El estaño se trasforma en parte en proto-sulfuro de este metal, que queda mezclado con el esceso de estaño empleado.

Luego la densidad del gas hidro-sulfúrico es igual á 1,1912, separando la del hidrógeno 0,0688 quedará 1,1224 para el peso de azufre. Suponiendo que el peso del átomo de azufre sea igual á 201,16, la densidad del vapor de este cuerpo deberá ser igual á 2,2650, cuya mitad es 1,1325, número sensiblemente igual al precedente. Es necesario concluir de aqui que el ácido hidro-sulfúrico está formado de

1 át. azufre..................	201,16	ó bien	94,176
2 át. hidrógeno...............	12,48		5,824
2 át. ácido hidro-sulfúrico.	213,64		100,000

Se ve que la composicion de este gas es igual á la del vapor de agua, es decir, un volúmen de gas hidrógeno y medio volúmen de vapor de azufre, condensados en un solo volúmen.

Esta composicion puede concluirse rigorosamente considerándola de otro modo. Cuando se tratan los proto-sulfatos de algunos metales, como el sodio, el potasio, etc., por el agua y los ácidos poderosos, en particular por el ácido sulfúrico, el agua se descompone y se forman sulfatos de protóxido de potasio ó de sodio al mismo tiempo que se desprende el ácido hidro-sulfúrico puro. Luego los proto-sulfatos indicados conteniendo un átomo de metal y otro de azufre, y los óxidos que se producen estando formados de un átomo de metal y otro de oxígeno, es necesario que los dos átomos de hidrógeno proviniendo del agua descompuesta, se unan al átomo de azufre contenido en el sulfuro para producir el gas ácido hidro-sulfúrico.

127. *Metales y ácido hidro-sulfúrico.* — La mayor parte de los metales obran sobre este gas á manera del estaño, es decir, que á una temperatura mas ó menos elevada se apoderan del azufre y dejan el gas hidrógeno en libertad.

El potasio y el sodio obran de otro modo. No solamente se apoderan del azufre necesario para trasformarse en proto-sulfuro, no solo desprenden precisamente tanto gas hidrógeno cuanto producen al descomponer el agua para trasformarse en protóxidos, sino que tambien los proto-sulfuros producidos de este modo, absorven el gas hidro-sulfúrico que no ha esperi-

mentado la descomposicion. Esta cantidad absorvida sin alteraciones, precisamente igual, cuando menos para el potasio, á la que ha sido descompuesta, de tal modo que resulta un compuesto formado asi:

1 át. potasio.... }
1 át. azufre..... } =1 át. proto sulfuro de potasio.

2 át. hidrógeno. }
1 át. azufre..... } =2 át. ácido hidro-sulfúrico.

Segun las ideas actuales, este compuesto descubierto por los señores Gay-Lussac y Thenard, debe ser considerado como un hidro-sulfato de sulfuro de potasio, haciendo este último cuerpo el papel de base en muchas circunstancias.

128. *Acidos y gas hidro-sulfúrico.* — Aunque el azufre tiene para con el hidrógeno una afinidad bastante grande, como no puede descomponer el agua á ninguna temperatura, y el oxígeno le roba fácilmente el hidrógeno aun á la temperatura ordinaria por el intermedio del agua, se puede concebir que los ácidos oxigenados ejercerán sobre él una influencia mas ó menos rápida; los hidrácidos por el contrario no le alterarán.

Los ácidos clórico, brómico y iódico destruyen repentinamente el gas hidro-sulfúrico. Resulta sin duda entonces, agua, azufre y cloro; bromo ó iodo, pero estos últimos cuerpos reaccionan en seguida á su vez sobre el azufre, asi que observaremos mas adelante si la accion tiene lugar fuera de la influencia del agua.

En cuanto á los otros ácidos examinaremos sus reacciones sucesivamente á medida que aprendamos á conocerlos.

129. *Preparacion.* — El gas hidro-sulfúrico se prepara en los laboratorios, tratando por el calor el sulfuro de antimonio con el ácido hidro-clórico líquido. Se emplea un aparato semejante al que sirve para producir el cloro (Lám. 4, fig. 13 ó 2). Se coloca el sulfuro de antimonio pulverizado en el balon, se vierten en seguida cinco ó seis veces su peso de ácido hidro-clórico líquido y se recoge el gas sobre el agua ó sobre el mercurio. Se imagina que está puro cuando es absorvido completamente, por una disolucion concentrada de potasa. Es necesario calentar suavemente el balon, á fin de evitar el ahuecamiento de las materias, que se efectuará sin esta precaucion.

Cuando se quiere obtener el gas hidro-sulfúrico disuelto en agua, puede ponerse en práctica el mismo procedimiento. Entonces el balon se pone en comunicacion con una serie de frascos de Woulf. El primero de estos contiene un poco de sulfuro de potasio en disolucion por si hay un desprendimiento de ácido hidro-clórico, este sea absorvido y reemplazado por el gas ácido hidro-sulfúrico; por este medio los frascos siguientes no reciben sino el gas ácido hidro-sulfúrico puro. Se llenan de agua hirviendo, de modo que no quede vacío sino la quinta parte de su capacidad, para evitar en lo posible la presencia del aire. El último frasco debe estar lleno de una disolucion concentrada de cloruro de cal, que destruye de repente al gas hidro-sulfúrico que no ha sido absorvido por el agua.

Lo que pasa en la produccion del gas hidro-sulfúrico por este procedimiento es facil de concebir. El cloro del ácido hidro-clorico se apodera del antimonio y forma cloruro de antimonio, en tanto que el hidrógeno de este ácido se combina con el azufre para producir el ácido hidro-sulfúrico. La espresion

de los productos empleados y formados en átomos es la siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
1 sulfuro de antimonio...........	2216,38	6 ácido hidro-sulfúrico...........	640,92
12 ácido hidro-clórico..............	1365,36	2 cloruro de antimonio...........	2940,82

130. Para preparar de un modo sencillo y económico el ácido hidro-sulfúrico, es necesario tratar siempre los sulfuros metálicos por el ácido hidro-clórico ó sulfúrico. Los sulfuros que se han empleado hasta el presente son el sulfuro de antimonio y el proto-sulfuro de hierro. El sulfuro de antimonio produce como se acaba de ver ácido hidro-sulfúrico muy puro; pero tiene el inconveniente de no poder ser enteramente descompuesto, sino por el ácido hidro-clórico muy concentrado y á la temperatura de la ebullicion. El proto-sulfuro de hierro obtenido por la via seca es atacado por el ácido hidro-clórico y el ácido sulfúrico poco concentrado; pero la accion de estos ácidos es lenta aun cuando se favorezca por el calor y se reduzca el sulfuro á polvo muy fino.

Los señores Thenard y Gay-Lussac han sustituido á este sulfuro el volcan de Lémery; este es un compuesto que se prepara haciendo una argamasa de limaduras de hierro, azufre en flor y agua. Esta pasta abandonada á sí misma, se trasforma prontamente en proto-sulfuro de hierro hidratado. El ácido sulfúrico dilatado en cuatro veces su volúmen de agua desprende con gran facilidad el ácido hidro-sulfúrico de este compuesto. Este medio es muy bueno y no dejaria nada que desear si fuera posible obtener la limadura de hierro pura y muy

fina; pero la que se encuentra en el comercio estando las mas veces oxidada ó gresera, resulta en el primer caso que el óxido de hierro impide por su interposicion que una parte del hierro se combine con el azufre; en el segundo caso los granos de limadura no son atacados por el azufre hasta su centro, y siempre que la materia produce ácido hidro-sulfúrico muy mezclado con gas hidrógeno, consume una gran cantidad de ácido sulfúrico sin provecho. Muchos sulfuros cuyo empleo no presenta ninguno de estos inconvenientes, son recomendados por M. Berthier. Estos dan ácido hidro-sulfúrico muy fácilmente. Algunos aun pueden servir para preparar este ácido en gran cantidad con mucha economía, si es necesario en las artes.

131. Calentando el persulfuro de hierro ordinario reducido á polvo con cerca la mitad de su peso de carbonato de sosa desecado, se obtiene un sulfuro doble de hierro y de sodio que se funde al calor rojo. Puede verterse este sulfuro sobre una piedra, ó sobre una placa de fundicion fria, y no queda sino una pequeña parte adherida al crisol, que puede servir tambien para muchas operaciones. La materia es homogénea, la fractura es laminar y de un amarillo de bronce subido. Absorve mucha agua, y forma prontamente con este líquido una pasta negra semejante al verde botella oscuro sobre los bordes. Vertiendo ácido sulfúrico ó hidroclórico sobre esta pasta se desprende al momento una gran cantidad de ácido hidro-sulfúrico, que proviene del sulfuro de sodio y de una parte del sulfuro de hierro, queda otra porcion de este último que se disuelve igualmente en el ácido sulfúrico, y mejor aun en el hidro-clórico con desprendimiento de gas hidrógeno sulfurado ayudado solamente por el calor; pero de todos los sulfuros el mas á propósito para la preparacion del ácido hidro-sul-

fúrico, es el sulfuro de calcio. Produce una gran cantidad de ácido hidro-sulfúrico, porque cien partes de este sulfuro puro suministran 46,8 de este ácido. Se disuelve tan facil y rápidamente en el ácido hidro-clórico, que pueden en algunos instantes aun sin haber tomado parte el calor, obtener un volúmen muy considerable de gas. El cloruro de calcio que resulta del tratamiento del sulfuro de calcio por el ácido hidro-clórico, siendo estremadamente soluble queda al estado líquido cuando se emplea el ácido muy concentrado, en lo que se observa que las partículas del sulfuro están siempre en contacto inmediato con el ácido y deben ser atacadas sin dificultad.

En fin, se puede obtener casi en todas partes y á poca costa el sulfuro de calcio en gran cantidad, porque son pocos los parages donde no se encuentre yeso ó sulfato de cal á un precio muy bajo: el sulfato de cal se reduce por el carbon en sulfuro de calcio á una temperatura que no pasa del calor blanco. La sola condicion esencial para que esta reduccion se efectúe completamente, consiste en reducir el sulfato al estado de polvo casi impalpable. Para el uso de los laboratorios, se pulveriza y pasa al través de un tamiz de seda; pero si se quiere operar sobre grandes masas, será mas económico quebrantarle en un molino y pasarle por los tamices. Cuando se hace uso del sulfato de cal ordinario conteniendo toda su agua de cristalizacion, es necesario mezclarle con cerca de quince por ciento de carbon seco y en polvo; pero cuando se hace uso del sulfato de cal anhidro ó del yeso cocido, la proporcion de carbon debe ser de veinte por ciento al poco mas ó menos; la mezcla se pone en los crisoles, y se calientan estos en hornos de viento durante una ó dos horas. Puede tambien colocarse en un horno de loza ó porcelana; á la temperatura

de estos hornos la materia queda pulverulenta y no ataca á los crisoles que pueden servir indefinidamente. Si se quiere preparar el sulfuro de calcio en grande, se podrá para evitar el empleo de los crisoles, mezclar reunidos sulfato de cal ordinario, carbon y una cantidad suficiente de yeso cocido hecho masa, para obtener una pasta tenaz de la que se harán ladrillos y cocerán del mismo modo que los de arcilla.

Se observa definitivamente que para obtener el ácido hidro-sulfúrico puro es necesario hacer un uso preferente del sulfuro doble de hierro y de sodio ó del sulfuro de calcio. Si por el contrario se quieren preparar las disoluciones ó las combinaciones del ácido hidro-sulfúrico, será necesario elegir primero el proto-sulfuro de hierro, que da lugar á un desprendimiento de gas, lento y uniforme cuando se opera en frio, circunstancia muy ventajosa cuando se trata de disolver ó de combinar este gas que es poco soluble y cuyas afinidades son muy débiles.

Hidruro de azufre.

132. El gas ácido hidro-sulfúrico no es la sola combinacion de azufre é hidrógeno que podamos obtener. Existen probablemente otras muchas, pero no son gaseosas, contienen mas azufre que ácido hidro-sulfúrico y son poco estables. Entre estas se halla una conocida con el nombre de hidruro de azufre. Examinando la teoria de la preparacion del gas ácido hidro-sulfúrico, será facil entender como se obtiene este hidruro. Efectivamente, cuando se trata un sulfuro por un ácido dilatado en agua y se trasforma en una sal neutra al mismo tiempo que el azufre pasa al estado de ácido hidro-sulfúrico, es necesario para que la reaccion sea limpia, que el sul-

furo ceda al hidrógeno tantos átomos de azufre cuantos él absorve de oxígeno para la oxidacion del metal que contiene. Pero si el sulfuro contiene 2 ó 3 átomos de azufre y el metal solo necesita un átomo de oxígeno para oxidarse, los productos obtenidos serán necesariamente diferentes. Se tendrá en efecto ademas, la sal y el ácido hidro sulfúrico y 1 ó 2 átomos de azufre en esceso. Ejecutando esta descomposicion en frio y con precaucion, este azufre se unirá á los elementos del ácido hidro-sulfúrico y resultará un compuesto líquido. Luego como se conocen muchos sulfuros del mismo metal y entre ellos solo hay uno que puede suministrar el ácido hidro-sulfúrico, cada uno de los otros deberá dar un sulfuro de hidrógeno particular. Todavia no se conoce bien sino uno de estos sulfuros de hidrógeno; este es el que proviene de la accion del ácido sodre un sulfuro metálico, conteniendo cinco veces tanto azufre como el sulfuro quedaria el gas ácido hidro-sulfúrico puro.

133. *Composicion.*—Segun lo que antecede se ve que el hidruro de azufre ordinario se compone de 2 átomos de hidrógeno y 5 de azufre, ó bien 2 átomos de ácido hidro-sulfúrico y 4 átomos azufre, es decir:

2 át. hidrógeno.....	12,48	ó bien	1,23
5 át. azufre.........	1005,80		98,77
	1018,28		100,00

134. *Preparacion.* — El medio mas cómodo que se emplea para preparar este cuerpo consiste en disolver en el agua un átomo de proto-sulfuro de potasio, añadir cuatro átomos de azufre en flores y elevar la temperatura de la diso-

lucion, agitándola de tiempo en tiempo hasta que todo el azufre esté disuelto. Se deja enfriar el líquido; despues se vierte gota á gota en una probeta que contenga agua mezclada en una cantidad de ácido hidro-clórico tal, que cuando todo el potasio esté trasformado en cloruro, quede todavia un esceso de ácido bastante grande. A medida que se vierte la disolucion de azufre es necesario mezclar los licores. Hay un leve desprendimiento de ácido hidro-sulfúrico y se precipita un líquido oleoso que se reune en el fondo de la probeta, este es el hidruro de azufre. Cuando está todo reunido se le separa de la disolucion salina que sobrenada, se le coloca en un frasco esmerilado y se conserva en un sitio fresco.

Los productos de esta reaccion son los siguientes:

1 potasio....... 5 azufre.........	=1493,71.	1 cloruro de potasio.	930,55
4 ácido hidro-clórico.	455,12	1 hidruro de azufre.	1018,28

135. *Propiedades.* — El hidruro de azufre es un cuerpo muy poco conocido. Es líquido á la temperatura ordinaria, su olor y sabor se asemeja al de los huevos podridos. Es mas pesado que el agua y parece insoluble en este líquido. Se inflama por el contacto de un cuerpo en combustion y se trasforma en agua y ácido sulfuroso. Abandonado asimismo y bajo la presion ordinaria, se descompone en ácido hidro-sulfúrico que se desprende, y en azufre que se deposita bajo la forma de glóbulos irregulares de un color gris. Estos efectos son mas prontos si se eleva la temperatura. Cuando se encierra en un frasco bien tapado, se descompone siempre una porcion; pero la presion que ejerce el ácido hidro-sulfúrico que se desprende preserva á lo restante de la alteracion.

La propiedad mas notable de este cuerpo consiste en la estabilidad que adquiere por el contacto de los ácidos poderosos. Bajo esta relacion hay que hacer una union singular entre el protóxido de hidrógeno y el hidruro de azufre, que es verdaderamente el persulfuro de hidrógeno. Es probable que haciendo una comparacion cuidadosa de estos dos cuerpos, se descubran todavia otras analogías. Se sabe efectivamente que los sulfuros alcalinos le descomponen, del mismo modo que los óxidos alcalinos descomponen el peróxido de hidrógeno.

Por lo demas es facil de prever que los ácidos oxigenados obrarán con mas ó menos energía, perdiendo todo ó parte de su oxígeno, y le trasformarán en agua y en ácido sulfuroso ó sulfúrico. Estas últimas consideraciones esplican el por qué se recomienda para prepararle ó conservarle el empleo del ácido hidro-clórico, y por qué conviene ademas verter el sulfuro que debe producirle en el ácido, de manera que el producto no se halle jamas en contacto con el sulfuro por descomponer.

Acido sulfuroso.

136. *Propiedades.*—Este ácido es gaseoso é incoloro; su sabor es fuerte y desagradable, su olor picante es bien conocido puesto que es el mismo que se exhala al quemar el azufre; escita la tos, comprime el pecho y sofoca á los animales que le respiran: enrojece desde luego la tintura de tornasol, haciendo pasar en seguida su color al del vino dilatado en agua. Su pesantez específica es de 2,234. Sea cualquiera el grado de calor á que se esponga este cuerpo no esperimenta descomposicion. Un frio de 20° bajo cero basta para hacerle pasar al estado líquido, el cual adquiere tambien con facilidad por la compresion. El ácido sulfuroso reducido á líquido por

estos procedimientos es incoloro, su densidad es de 1,45. Hierve á 10° bajo cero y produce por su evaporacion un frio tan considerable, que un termómetro cuya bola esté rodeada con algodon empapado en este ácido, desciende al aire libre á 57° c. bajo cero y á 68 si se favorece la evaporacion del ácido colocando el termómetro en un vacío, y á su lado un vaso lleno de potasa humedecida para absorver los vapores que se desprenden. No se combina á ninguna temperatura con el oxígeno puro ni con el que contiene el aire.

El ácido sulfuroso no obra en frio sobre ningun cuerpo combustible, pero prolongando el contacto podrá combinarse tal vez con el potasio y con el sodio. Ayudado del calor obra sobre algunos cuerpos combustibles. Se descompone por el hidrógeno mediante el calor rojo á una temperatura algo mas baja. En este caso se forma agua y el azufre queda en libertad. Si la temperatura no es demasiado elevada y el gas hidrógeno se halla en esceso, se forma ademas ácido hidro-sulfúrico.

El cloro, el bromo y el iodo, no tienen accion sobre el gas sulfuroso seco; pero con la concurrencia del agua, estos tres cuerpos le hacen pasar repentinamente al estado de ácido sulfúrico trasformándose ellos en ácidos hidrogenados. El agua, pues, se descompone en virtud de la doble atraccion del ácido sulfuroso para con el oxígeno de aquella y de estos cuerpos para con su hidrógeno.

El ácido sulfuroso descompone los ácidos clórico, brómico y iódico, y resulta ácido sulfúrico ó bromo, cloro ó iodo. El ácido sulfuroso y el hidrógeno sulfurado seco obran débilmente el uno sobre el otro; pero por el intermedio del agua la reaccion es repentina. Dos volúmenes de hidrógeno sulfurado y uno de ácido sulfuroso se descomponen enteramente, y el resultado es agua y azufre. Por el contrario, el ácido sul-

furoso y el ácido hidroiódico no tienen accion uno sobre otro cuando estan disueltos en agua, mientras su descomposicion mútua se efectúa repentinamente cuando se hallan en el estado gaseoso: el producto de esta descomposicion es iodo y azufre, combinados probablemente. Un fenómeno semejante se observa entre el ácido sulfuroso y el ácido hidroclórico: disueltos en agua no se alteran, pero secos por el contrario se descomponen prontamente, al menos cuando se opera sobre el mercurio. Estos fenómenos singulares no han llamado bastante la atencion de los químicos para que sea útil discutir sus causas.

137. *Composicion.* — El ácido sulfuroso está formado de un volúmen de gas oxígeno y medio de vapor de azufre condensados en uno solo. Esto se prueba quemando el cinabrio en una campana encorvada que contenga cien partes de gas oxígeno: el mercurio es puesto en libertad y quedan 97 ó 98 partes de gas sulfuroso en lugar de 100 de oxígeno, lo cual es debido sin duda á la presencia de un poco de hidrógeno, contenido en el azufre del cinabrio. Con el azufre comun la pérdida será mas considerable todavia, porque se sabe que éste contiene siempre hidrógeno. Como los gases se combinan siempre en relacion simple, se advierte que cien partes de oxígeno producen ciento de ácido sulfuroso. Bajo este supuesto, siendo la densidad del gas sulfuroso 2,234, si de esto se resta 1,1026, densidad del gas oxígeno, se hallará por resultado 1,1314 número que se aproxima bastante á 1,1325, densidad media del vapor de azufre. El ácido sulfuroso está pues formado en peso de

1 át. azufre.	201,16	ó bien	50,14
2 át. oxígeno.	200,00		49,86
2 át. ácido sulfuroso.	401,16		100,00

138. *Preparacion.*—Los procedimientos que se emplean para preparar este gas, varían mucho en razon del uso á que se destina. Pueden reducirse, sin embargo, á tres principales. Para los laboratorios se obtiene puro, desoxigenando el ácido sulfúrico por medio de los metales. En general se da la preferencia al mercurio, porque la reaccion es mas facil de moderar. Para las necesidades de las artes y en el caso en que el ácido no se necesita en un grado de pureza muy grande, se estrae el oxígeno al ácido sulfúrico por medio de la madera, ó bien quemando simplemente azufre al aire libre. Este último método, el menos costoso de todos, halla frecuentemente aplicaciones en las artes para el blanqueo de las materias animales, en la medicina para el tratamiento de las enfermedades cutáneas, y en particular de la sarna.

Examinaremos al mismo tiempo estos procedimientos y sus aplicaciones.

139. Se obtiene como acabamos de decir el gas ácido sulfuroso puro, tratando el ácido sulfúrico del comercio por el mercurio; se produce ademas de este ácido que es siempre gaseoso el proto ó deuto sulfato de mercurio, que se precipita en polvo blanco cristalino. Por consecuencia, en esta operacion el ácido se divide en dos partes, la una cede el tercio de su oxígeno al mercurio y pasa al estado de ácido sulfuroso, mientras que la otra se combina con el mercurio oxidado, y forma el sulfato de mercurio. Para ejecutar esta operacion, se

introduce una parte de mercurio y seis ó siete partes de ácido en un balon de vidrio, que sea susceptible de contener vez y media el volúmen de estas dos materias; se adapta al cuello de este balon un tubo encorvado, que se dirije debajo de un frasco lleno de mercurio; en seguida se alienta el líquido hasta que empieza á hervir. El ácido sulfuroso se desprende. Se reconoce que el aire de los vasos ha sido espulsado en su totalidad y que el ácido está puro cuando puesto en contacto con el agua se disuelve completamente. 30 gramas de mercurio (600 granos) producen fácilmente muchos litros de ácido sulfuroso.

Para establecer la teoría exacta de esta operacion es necesario considerar dos casos, aquel en que se forma protosulfato y en el que se produce persulfato. La espresion de los fenómenos en este último, es la siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
2 mercurio. . . .	1265,8	2 ácido sulfuroso.	401,16
2 ácido sulfúrico seco.	1002,32	1 sulfato de peróxido.	1866,96

En el primer caso se tendrá

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
4 mercurio. . . .	2531,6	2 ácido sulfuroso.	401,16
2 ácido sulfúrico seco.	1002,32	1 sulfato de peróxido.	3132,76

es decir, que para cuatro átomos de mercurio se puede obtener al arbitrio dos ó cuatro átomos de gas sulfuroso. El primer caso se realiza poniendo un esceso de mercurio, y el segundo al contrario un esceso de ácido. Como este es mucho

mas caro, vale mas economizarle, y las proporciones que hemos indicado desde luego estan fundadas en la suposicion de hacer pasar el mercurio al estado de peróxido.

140. Cuando se desea obtener el ácido sulfuroso disuelto en el agua, ó bien emplearle en formar sulfitos, se descompone tambien el ácido sulfúrico; pero en lugar de mercurio se prefiere emplear la madera como agente desoxigenante. La leña obra por el carbon que contiene, de tal manera que el ácido sulfúrico empleado pasa en su totalidad al estado de ácido sulfuroso y de ácido carbónico. El aparato mas conveniente para esto es el que está representado (Lám. 4, fig. 1); se colocan en el balon virutas de madera, se rocian con ácido sulfúrico concentrado y se calientan con suavidad. El gas se desprende en abundancia estando las dósis convenientes, el ácido y la madera pueden trasformarse enteramente en ácido sulfuroso, ácido carbónico y agua; se concibe que el aparato puede montarse indefinidamente. Cuando la madera se ha consumido en su totalidad se añade nueva cantidad; lo mismo se hace con respecto al ácido; no queda por lo regular ni resíduo que estraer, ni modificacion que hacer en la reunion del aparato. La leña obra en esta operacion por su carbon solamente; los productos son fáciles de establecer:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
1 ácido sulfúrico. .	501,16	2 ácido sulfuroso..	401,16
2 carbónico. . . .	37,66	1 ácido carbónico.	137,66

Es evidente que se pierde la tercera parte del oxígeno contenido en el ácido sulfúrico, y que si se pudiera trasformar esta porcion en ácido sulfuroso, se tendria la doble ventaja de obtener el gas puro y en mayor cantidad. Veremos

mas adelante que el azufre puede trasformar ayudado del calor á el ácido sulfúrico en ácido sulfuroso, pasando él mismo á este estado. El bajo precio del azufre haria este procedimiento muy apreciable, si este cuerpo no se fundiera á una temperatura mas baja que la necesaria para efectuarse la reaccion. Esta circunstancia hace la operacion tumultuosa y difícil de arreglar.

Por lo demas, la presencia del ácido carbónico no es muy incómoda por sí misma. Bien se pretenda disolver el gas sulfuroso en el agua, bien se tenga por objeto combinarle con las bases salificables, la esperiencia demuestra que el gas carbónico absorvido desde luego por el agua ó las bases salificables, es separado en seguida del ácido sulfuroso á medida que este gas llega en cantidad suficiente para saturarlas. Asi cuando se hace pasar gas sulfuruso en esceso, no puede verdaderamente contener gas carbónico en disolucion ó en combinacion.

La esperiencia hace ver tambien, que el gas sulfuroso está acompañado constantemente de una pequeña cantidad de ácido sulfúrico, el cual cuesta mucho trabajo separar de este gas. Asi se debe colocar en el primer frasco de Woulf un poco de agua destinada á lavar el gas, ó mejor una disolucion de sulfito de sosa ó de potasa, á fin de detener el ácido sulfúrico conducido por el gas. Los frascos siguientes contienen agua ó las bases que se trata saturar. La operacion se prolonga hasta que el gas sulfuroso atraviese el aparato sin esperimentar absorcion.

141. En fin, en el caso en que el ácido sulfuroso deba ser aplicado, bien sea al blanqueo de las materias animales, bien al tratamiento de la sarna, ó bien á la fabricacion del ácido sulfúrico, se forma siempre quemando el azufre á espen-

sas del oxígeno del aire. No examinaremos aqui sino los dos primeros casos; el tercero hallará su lugar en el artículo del ácido sulfúrico.

142. El empleo del ácido sulfuroso para el blanqueo se efectúa en general de una manera poco delicada. Se dispone un cuarto de unas dimensiones convenientes, se colocan perchas en él que deben sostener las telas que se han de blanquear; se tapan con cuidado todas las rendijas del techo y paredes y se embaldosa con esmero el pavimento, á fin de evitar la pérdida del gas sulfuroso. Las telas se humedecen y colocan encima de las perchas, en medio de la pieza se coloca un barreño con el azufre encendido, se cierra la puerta enlodando sus junturas con tierra arcillosa y se abandona la operacion á sí misma. El azufre se trasforma en gas ácido sulfuroso por medio del oxígeno del aire que contiene el local; este ácido condensado por el agua que tienen las telas, reacciona sobre la materia colorante que se trata de destruir ; en fin, siempre queda un esceso considerable de ácido sulfuroso, en la pieza donde se practica la operacion. Al cabo de veinte y cuatro horas se abre la puerta, el aire de la pieza se renueva, y todo el ácido sulfuroso restante queda perdido. Cuando el ácido sulfuroso ha sido desalojado del cuarto se entra y se recogen las telas sometidas al blanqueo. Veremos por el ejemplo siguiente la modificacion de que es susceptible esta operacion cuando se necesita para una fabricacion espedita. Volveremos á tratar de este asunto cuando hablemos del blanqueo de las materias animales.

Por ahora basta añadir, que la dósis de azufre se establececerá segun el peso de estas materias , y segun lo subido de su color , que se evaluará á la simple vista.

143. Glauber habia ya indicado en 1659 la eficacia de

los baños de gas sulfuroso en el tratamiento de la sarna; otros escritores habian reproducido esta idea en diversas épocas; pero este arte no ha tenido verdaderamente orígen sino en estos últimos tiempos. En 1813 M. Galés, farmacéutico de los hospitales de París, ensayó su aplicacion. Pero sus procedimientos muy imperfectos, costosos é incómodos, hubieran sido desechados y olvidados bien pronto, si por una feliz casualidad M. D, Arcet no los hubiera examinado. Este sábio reconoció prontamente las circunstancias que hacian dificil é incómoda su aplicacion, é hizo establecer dos aparatos, cuya perfeccion no deja nada que desear. Desde entonces los tratamientos se hicieron fáciles, prontos y hasta tal punto económicos, que se debe en obsequio de la salud pública dar un conocimiento de estos aparatos.

En efecto, diez fumigaciones vienen á ser el término medio que basta para la cura de una sarna simple; cada una de estas fumigaciones tiene de costo 8 maravedises en un aparato de doce plazas, á saber: 1 mrs. para el azufre y 7 para el combustible y 10 mrs. en un aparato simple, á saber: 2 para el azufre y 8 para el combustible. El tratamiento de una enfermedad viene á costar por lo tanto de 20 á 25 cuartos á lo mas.

La construccion de los aparatos no es muy costosa, porque un aparato simple viene á subir á unos 1300 reales á lo mas.

Por otra parte, no queda duda alguna en que estas fumigaciones tienen un empleo seguro, bien sea contra la sarna, bien contra diversas enfermedades de la piel. El sistema de construccion adoptado por M. D'arcet está tan bien combinado, que deberá adoptarse en todas las ocasiones en que se pretenda someter las enfermedades á la accion del gas ó de

otros vapores. Estas consideraciones nos empeñan á dar unos detalles estensos sobre la construccion y empleo de estos aparatos.

144. Los aparatos construidos en el hospital de San Luis (Francia) para el tratamiento de las enfermedades de la piel, son dos. Empezaremos por dar la esplicacion del que solo puede recibir un individuo, y describiremos despues el segundo, que es á propósito para contener hasta doce, pues merecen ser descritos detenidamente el juego y la marcha de esta gran caja fumigatoria.

Lámina 9.

La figura 1 representa la planta de una caja fumigatoria para un solo individuo.

a, un agujero redondo por el cual sale la cabeza del paciente.

b c d e, plano de la cubierta de la caja. Esta cubierta se abre por una visagra, dividiendo su línea *b d*, hasta que viene á descansar sobre el montante *f g*, como se vé en la figura 4.

h, corte del tubo destinado á conducir el humo del fogon, mezclado con el gas que sale del aparato y se dirige fuera de la pieza donde se efectúa la fumigacion.

i k, tubos que sirven para conducir el gas contenido en la caja al tubo *h* del fogon; las llaves que se advierten en los tubos *h i k* estan destinadas á regularizar el tiro de estos tubos.

l l, plano de los tapones de chapa de hierro que cierran las dos aberturas, por las cuales se hecha sobre la placa de fundicion caliente *m m*, *figura* 3 y 4, las materias que se

quieren reducir en gas, en vapor ó en humo, para ponerlas de este modo en contacto con el enfermo que se halla colocado en la caja. El detalle de la construccion de estos tapones está representado en la *figura* 11. La *figura* 9 representa uno de estos tapones guarnecido de un embudo con su llave, cuyo uso veremos mas adelante.

Figura 2, elevacion del aparato simple tomada por el lado del punto M de la *figura* 1.

n, tapon que cierra la abertura por la que se introduce la caja de chapa de hierro, *figura* 6, 7 y 8 sobre la placa de fundicion *m m*, *figura* 3 y 4.

o, puerta del fogon destinada para introducir el combustible que calienta la placa de fundicion *m m*, y elevar la temperatura en la caja al grado que se desea.

p, puerta del cenicero de este fogon.

q, escalon para bajar á la cavidad donde está colocado el fogon.

r, suelo del cuarto.

i, elevacion de uno de los dos tubos destinados á establecer una corriente en el aparato.

h, tubo general que da salida fuera de la habitacion á los gases que salen de la caja y el humo que viene del fogon *z*, *figura* 3 y 4.

g, apoyo en el cual descansa la cubierta de la caja, cuando está abierta como en *g*, *figura* 4.

1, pestillo de la puerta vertical que cierra la parte anterior del aparato, por la cual se introduce el enfermo, su construccion se distingue bien en 1, *figura* 3.

Figura 3, corte de la caja fumigatoria segun la línea A B de la *figura* 1, y vista por el punto D de esta lámina; en ella se ve el corte de la rejilla del fogon Z, el de la placa de

fundicion *m m*, el de los dos agujeros cerrados por los tapones de chapa de hierro *l l figura* 1, y el corte de la abertura *n*, que indica como se introduce la caja de chapa de hierro, sobre la placa de fundicion *m m*.

El tubo *h* del fogon y los tubos *i* y *k* estan indicados en el interior del aparato para hacer concebir sus disposiciones; el tubo *h* se apoya sobre la placa de fundicion *m*, que está atravesada en este lado y recibe el humo del fogon, como se ve en *m*, *figura* 2; los tubos *i* y *k* terminan por un doble recodo en la misma caja y un poco mas arriba del fondo movible *x x figura* 2: la parte horizontal de estos tubos descansa sobre la placa de fundicion que los calienta, determina de este modo el tiro en el momento que da principio la fumigacion; los detalles de esta disposicion se ven mas en grande en la *figura* 5. Las mismas letras indican en esta lámina los objetos ya citados en la *figura* 1, pasaremos á la descripcion de la *figura* 4.

Figura. 4. Corte del aparato fumigatorio segun la línea C D de la planta *figura* 1; este corte está visto por el punto M de esta misma figura.

En él se ve de qué manera pasa el humo del tapon *z* por bajo de la placa de fundicion *m m*, la calienta y se dirige en seguida por *m* al tubo de hierro *h*.

v, *v*, *x*, *x*, doble fondo colocado sobre barras de hierro; la parte inferior de este doble fondo está formada de una placa de fundidion *x x* ; la parte superior *v v* es de madera de encina, bien adaptada á la otra , estos dos fondos están separados por travesaños de hierro y el todo está bien asegurado juntamente; de esta manera el fuego no puede penetrar al fondo de madera *v v*, que está separado del fondo de fundicion *x x* por una corriente de aire ; asi colocando el enfermo

sus pies desnudos sobre la madera, solo esperimenta un calor agradable.

Este doble fondo es movible, no toca á ninguna de las paredes de la caja y deja por este medio pasar al aparato el aire que se calienta al tocar en la placa de fundicion *m m*, y el gas que se desprende de las sustancias que se arrojan sobre la referida placa por los agujeros *l l*, ó que se introducen sobre esta placa en la caja de chapa de hierro S por la puerta *n*. Para hacer la temperatura igual en lo posible en todas las partes del aparato, y para hacer igualmente afluir los gases ó vapores que se administran en fumigaciones, es necesario tener cuidado de colocar el fondo movible de manera que el espacio que queda entre él y las paredes del aparato sea mucho mas pequeño por el lado que se aproxima mas al fogon: esta disposicion se advierte en *v v*.

a, es un termómetro cuya bola está colocada dentro del aparato y su escala fuera, á fin de que el enfermo colocado en la caja pueda ver á qué temperatura se halla su cuerpo espuesto.

l, corte de uno de los agugeros por los cuales se echa la sustancia de que se compone la fumigacion, en la caja de la chapa de hierro S.

i, sillon con ruedas destinado á introducir los enfermos perláticos ó impedidos, en el aparato por la puerta que está delante cuyo cierre se ve en 1, *figura* 3 y *figura* 2.

2, 2, division de madera con forma de enrejado espeso colocada en el fondo del aparato en posicion casi vertical; su objeto es impedir que el enfermo se queme los pies aproximándolos demasiado al tubo *h* que calienta la caja y da paso al tubo del fogon *z*.

d é, línea puntuada que indica la colocacion que toma lo

cubierta horizontal *d e* de la caja cuando se halla abierta y descansa contra el apoyo *g*.

k, comunicacion lateral del tubo *k* con el tubo general *h*.

Cuando se quiere dar una fumigacion por medio de este aparato, se practica del modo siguiente: se toma el aparato frio en buen estado y se supone que se quiera suministar una fumigacion de ácido sulfuroso saturado de agua en vapor.

Se empieza por cerrar las llaves de los tubos *i* y *k*; se abre la llave del tubo *h*, y se enciende el fuego sobre la regilla del fogon *z*; cuando el interior de la caja está al grado conveniente de calor, lo que se advierte por el termómetro *á*, se introduce el enfermo y se cierra la puerta que hay delante del aparato; se baja la cubierta horizontal de manera que haga pasar la cabeza del enfermo al través; el cuello de este se rodea con un paño, que tape bien el espacio vacío que queda entre el cuello del enfermo y los bordes del agugero *a*; se abren las llaves de los tubos *i* y *k*, lo bastante para que el vacío que ellos producen en la caja llame poco el aire esterior, y que este vacío sea sin embargo bastante sensible para que el gas ácido sulfuroso no pueda escaparse de la caja por las junturas, que se hallan de este modo, por decirlo asi, enlodadas; se introduce entonces por medio del pequeño cogedor de oja de lata *figura* 10, el azufre ordinario reducido á polvo, por uno de los agugeros *l* y se pone el tapon. Asi que el azufre cae sobre la plancha *m m* que se halla caliente lo bastante por el fuego del fogon *z*, se inflama y produce el ácido sulfuroso que se estiende en el aparato, y penetrando por el espacio desigual que hay como ya hemos dicho entre el fondo movible *v v x x*, y las paredes laterales de la caja. El gas se remolina al rededor del cuerpo del paciente, y concluye por descender á la parte inferior de la caja, introduciéndose en seguida por los tubos

i y *k*, por los que se dirige al tubo general *h*, que lo arroja fuera con el humo del fogon *z*. En cuanto al vapor de agua, se llena de él fácilmente el interior de la caja: para esto basta sustituir al tapon ordinario el tapon de embudo *l*, *figura* 9; este se llena de agua, y se introduce por debajo sobre la placa *m m*, por la puerta *n* la caja de chapa de hierro *s*; se abre un poco la llave del embudo y se deja caer el agua gota á gota sobre la caja *s*, que se hallará á una temperatura conveniente para reducir el agua á vapor; este se introduce en el aparato; se mezcla con el ácido sulfuroso, y produce sobre el enfermo que se halla espuesto á su accion, los efectos que ya hemos anunciado. Por esto se advierte que puede darse del mismo modo cualquier otra fumigacion; cada uno podrá representarse fácilmente las modificaciones que deberá sufrir el aparato, para reducir la materia que se pretenda evaporizar.

Cuando la fumigacion se ha terminado, ó cuando el enfermo se siente fatigado y desea salir del aparato, basta para que el ácido sulfuroso no se esparza por la habitacion, dejar de producirle un momento antes de la salida del enfermo, abrir los dos agugeros cerrados por los tapones *l l*, cerrar la llave del tubo *h*, y abrir enteramente la de los tubos *i* y *k*. Aislado de este modo el tubo *h* del fogon, exige mucho aire y obliga al de la habitacion á entrar en el aparato por los dos agugeros *l l*, y por todas las rendijas de la caja; este aire se mezcla con el ácido sulfuroso que está en el aparato y toda la mezcla sale bien pronto por los tubos *i* y *k*, la caja entonces llena de aire puro, puede abrirse sin temor de repartir ningun olor nocivo ó desagradable en la pieza donde se halle el aparato.

145. Comprendida bien la reunion de este aparato, será muy facil entender la descripcion de un aparato mas complicado y á propósito para doce enfermos.

LÁMINA 10 FIGURA 1.ª, PLANTA GENERAL DEL APARATO.

a, foso donde se baja para poner el fuego á la estufa que está construida de plancha de hierro, y para introducir en ella las materias que se desean reducir á gas ó á vapor.

b c d e, planta de la caja fumigatoria. En ella se ven las doce tapas con los doce agujeros, por los cuales sacan la cabeza los enfermos cuando se hallan colocados en el aparato: al mismo tiempo se advierte la disposicion de sus cierres. La línea derecha que corta las seis aberturas que hay á cada costado, indica la proyeccion de los bancos, sobre los cuales se sientan los enfermos cuando estan colocados en la caja fumigatoria ; en *d* se ve uno de los suplementos de madera que sirven para levantar á los enfermos de poca talla al nivel de la talla mediana, para la que está calculada la caja.

e f g h, plano del apoyo, sobre el cual descansan las tapas del aparato cuando estan abiertas.

i k, estufas que sirven para calentar con igualdad el interior de la caja; estas estufas pueden estar guarnecidas, como aqui se ve, de baños de arena para poder calentar las bebidas ó tisanas para los enfermos.

l m n, tubos de chapa de hierro destinados para conducir á la chimenea *p* los humos de las dos estufas *i* y *k*.

o q, tubos de chapa de hierro que sirven para llevar á la chimenea *p* los gases ó vapores que salen de la caja fumigatoria, *r r r r*, plano de los escalones, por los cuales se sube al aparato para descender por una de las doce aberturas cuadradas que estan practicadas encima, y cerradas por las doce cubiertas.

s s, plano de la estufa que sirve para calentar la pieza.

LÁMINA 11. *Elevacion general de la gran caja fumigatoria vista desde el punto T del plano, figura 1.*

b c, vista del lado de la caja en que se colocan los enfermos.

u, puerta del fogon destinada á calentar la estufa de hierro, en la que se volatilizan ó queman las sustancias que se quieren administrar en fumigaciones á los enfermos colocados en la caja; el humo de este fogon es conducido á la chimenea *p* por el intermedio de un conducto que pasa por tierra debajo del aparato, y se introduce en el tubo de hierro *x*, que va á parar á la chimenea general.

v, puerta que cierra la abertura que comunica á la estufa de hierro de que acabamos de hablar; esta puerta está provista en su parte inferior de un registro que se alza ó baja segun conviene por medio de unas llares. Este mecanismo está destinado á introducir por encima de la estufa y sobre toda su anchura una capa de aire de igual espesor, y que debe, por decirlo así, conservar las sustancias espuestas en la estufa, á un grado de calor que se modera segun conviene, activando mas ó menos el fuego del fogon que está debajo.

x, embudo provisto de una llave que sirve para introducir en la estufa el agua que se ha de reducir á vapor, y saturar de este modo los gases ó vapores que se quieren pasar á la caja.

r r, vista de los escalones que sirven para entrar á la caja.

z z, balaustrada que rodea el foso *a*.

i k, estufas ordinarias destinadas á calentar lo interior de la caja.

e f, elevacion del puente que sirve de apoyo á las cubiertas de la caja cuando se hallan abiertas; esta es una barra de madera *e f*, donde se colocan los números de órden que se hallan repetidos al costado de cada una de las perchas, en las cuales se cuelgan los vestidos de los enfermos cuando se desnudan para entrar en la caja.

á, *á*, termómetros cuyas bolas estan colocadas en lo interior de la caja, que sirven para regular el fuego de las estufas y elevar la temperatura al mismo grado en todos los puntos del aparato.

ó, *q*‘, conductos de madera que estraen los gases de la caja y comunican con la chimenea general *p*, por medio de los tubos de hierro *o* y *q*, en los cuales se modifica el tiro por medio de las válvulas 2 y 3. Estos tubos de madera comunican con lo interior de la caja fumigatoria por dos canales subterráneos que desembocan á las dos estremidades de la caja y hácia el medio de su ancho.

Lamina 10, figura 3. *Aparato visto de costado desde el punto A del aparato general*, *figura* 1.ª

b d, caja fumigatoria.

i, estufa ordinaria; otra semejante se halla colocada en el costado opuesto de la caja, como lo indican las *figuras* 1 y 2.

4, 5, puertas para entrar en la caja cuando no se quieren subir los escalones *r r r r*, y bajar por una de las tapas: hay otras dos puertas en el costado opuesto de la caja fumigatoria.

r, *r*, *r*, *r*, escalones para subir al aparato y entrar en él.

z z, balaustrada que rodea al foso donde se hallan los hornos que sirven para dar las fumigaciones.

i, embudo con llave por el cual se introduce segun conviene, el agua en la caja de chapa de hierro donde se volatilizan las sustancias de que se compone la fumigacion.

h e, apoyo donde vienen á descansar las doce cubiertas de la caja; cuando se abren se ve uno de los dos termómetros que sirven para regularizar el grado de calor en el aparato; el segundo termómetro se halla á la estremidad opuesta.

S, estufa de porcelana que sirve para calentar la pieza en invierno cuando las dos estufas del aparato no son suficientes; el tubo de esta estufa comunica con el horno, cuya puerta se ve en *u*, *figura* 2.

o', caja de madera en forma de pilastra que sirve para facilitar la salida de los gases de la caja fumigatoria; comunica con el tubo de hierro *o*, que va á parar á la chimenea *p*; 2 representa el boton de la válvula de tiro que sirve para cerrar mas ó menos la abertura de la caja de madera, y debilitar asi segun conviene la fuerza de la corriente.

n, tubo en el cual se reunen los de las dos estufas destinadas á calentar el aparato.

l, tubo de la estufa *k*, *figura* 2.

LÁMINA 11, FIGURA 1.ª *Corte horizontal del aparato fumigatorio segun el plano que pasa por debajo de las cubiertas y por encima de los bancos, como está indicado por la línea F F de la elevacion general.* Lámina 10, figura 2.

Los detalles dados sobre este asunto en las láminas precedentes, bastan para hacer entender bien este corte. En 6, 6, 7, 7, se ven los bancos sobre los cuales se sientan los enfermos.

15, 23 y 24, representan los cortes de las cuatro puer-

tas por las que se puede entrar al aparato, cuando no se quiere hacer por encima subiendo los escalones *r r r r*, 17 y 18 abertura de los tubos *o' q'*; estas aberturas cuadradas estan cubiertas de una tela metálica destinada á detener los cuerpos estraños que puedan caer por el conducto. En el plano se ven entre estas dos aberturas los pormenores de los dos tubos de las estufas que sirven para calentar el aparato, y se percibe por encima de estos tubos la caja de madera, á la cual llegan los gases de que se compone la fumigacion. Se hallan puntuadas tambien todas las construcciones que estan colocadas debajo del suelo de la caja.

LÁMINA 11, FIGURA 2. *Corte vertical de la caja fumigatoria segun la línea A B del plano general, lámina 10, figura 1.ª*

No hablaremos aqui de los detalles particulares de este corte; los otros se hallan suficientemente descritos en la esplicacion de las figuras precedentes.

l l l, indican la línea quebrada que recorre los tubos de la estufa *k*, antes de llegar al tubo general *n*.

m m m, manifiestan la posicion del tubo de la estufa *i*.

El tubo de la estufa *i*, penetra en 20 en el fogon de la estufa *k*, pero está cerrado por un tapon de chapa de hierro que no se levanta sino para limpiar los tubos. Esta operacion se hace entonces simplemente pasando los de la estufa *i* á la estufa *k*, y ademas con una pequeña bola atada á una cuerda, en la cual hay una brocha muy áspera, etc.

La misma operacion se practica con el tubo de la otra estufa que penetra en 19 en la estufa *i*.

15 y 16, indicacion de los dos canales subterráneos que

se cubren en el aparato en 17 y 18; las gases penetran por estas aberturas 17 y 18 en los canales 16 y 15, pasando de alli á las cajas de madera que forman las pilastras *g' o'*, y terminan por los tubos *q y o* en la chimenea general *p*. Se advierte en 14 como estos dos tubos *o* y *q* están encorvados en la parte de arriba para que el tiro no sea interceptado.

La abertura de los canales subterráneos 15 y 16 no se practica en la caja sino un poco mas bajo de su suelo, como se observa en 17 y 18, á fin de que al barrer no caigan las porquerías por estos canales, que están ademas cubiertos de una tela mecánica, para impedir que cualquier objeto tape dicha abertura.

10, corte del canal subterráneo que conduce al aparato, los gases que se desprenden en la caja de hierro donde se reducen á vapor las sustancias destinadas á dar la fumigacion; este canal toca en el centro del aparato por bajo de la caja vuelta boca abajo 8 8, cuyos detalles se ven en las *figuras* 2 y 3.

11, corte del canal subterráneo que conduce á la chimenea general el humo del horno, cuya puerta se ve en *n*, *lámina* 10, *figura* 2.

Figura 2. A., 8, 8, plano de una caja de madera sin fondo, cuyo corte se observa en B. Esta caja se coloca en tierra por el lado abierto; su fondo está atravesado por un gran número de agujeros desiguales muy pequeños en el centro y gradualmente crecidos á medida que se aproximan á las dos estremidades, como lo indica la *figura* 2; se ve en 8 y 8, *figura* 2, que esta caja descansa á lo largo en el aparato fumigatorio. En la lámina siguiente veremos como se halla dispuesta.

Lámina 11, figura 3. *Corte transversal del aparato fumigatorio segun la línea C D del plano general*, lámina 10, figura 1.

No hablaremos aqui sino de los pormenores de que no hemos hecho mencion en la descripcion de las láminas precedentes; pueden examinar los lectores la descripcion de estas láminas para evitar repeticiones largas y fatigosas.

6 y 7, bancos que estan colocados á derecha é izquierda de la caja fumigatoria en toda su longitud, en los cuales se sientan los doce enfermos que estan espuestos, reunidos á la fumigacion; los que son de talla desigual, se colocan á la misma altura por medio de unos suplementos de madera de diferente grueso que se ponen sobre los bancos, y sobre los cuales se sientan. Aqui se vé como se colocan los enfermos en el aparato cuando se les administra la fumigacion.

9, caja de chapa de hierro donde se ponen las sustancias que deben servir para la fumigacion; se introducen por la puerta *u*, de la cual hemos dado ya la descripcion minuciosa, al describir la figura 2 de la lámina 10.

10, canal subterráneo que lleva los gases y los vapores de la caja 9, al aparato fumigatorio, bajo la caja de madera *figura* 2 A; este canal puede ser prolongado á voluntad hasta el 13, elevando la division 22, para introducir por este lado el agua en vapor, ó cualquiera otra sustancia evaporizable que se juzgue necesaria para el tratamiento de los enfermos colocados en el aparato.

12, fogon que sirve para calentar y aun para enrogecer cuando es necesario la caja de chapa de hierro que

está colocada encima; este horno se carga por la puerta *u*.

11, 11, canal subterráneo que sirve de chimenea al horno que se vé en 12. El humo del horno sigue este canal, pasa al través de la estufa S, donde se quema, y los gases que provienen de ella pasan á la chimenea general *p* por el tubo X de la estufa S.

n, tubo general de las dos estufas, destinado á calentar el aparato; se advierte que termina por un recodo colocado en la chimenea *p*, á fin de dar facilidad al tiro.

k, una de las estufas destinadas á calentar el aparato; está visto por detrás: por delante se ve el corte de los tubos atravesados de las estufas *i* y *k*.

146. Concibiendo, pues, la marcha de la operacion, será fácil comprender lo siguiente:

Suponemos que todo se halla en buen estado; los hornos y las estufas del aparato sin fuego, y todo preparado para recibir los enfermos y empezar la operacion.

Suponemos tambien que se quiere dar una fumigacion de ácido sulfuroso; se cierran los registros 2 y 3 que estan colocados en los tubos *ó* y *q'*; se enciende el fuego en la estufa de porcelana S, ó en el horno 12, cuya puerta está en *u*. El aire se calienta y se dilata en el tubo *x* y en la chimenea *p*; el tiro se establece, obliga al aire esterior á penetrar en la caja por todas las aberturas, y determina las diferentes corrientes de aire de que nos ocuparemos mas adelante.

Entonces se encienden sin trabajo las dos estufas *i* y *k*, destinadas á calentar el interior de la caja fumigatoria, cuando el calor está repartido igualmente en el aparato, y la temperatura está al grado conveniente. Se introducen los doce enfermos, bien sea por encima abriendo las doce cubiertas de

charnela, bien por las cuatro puertas que se hallan practicadas á sus dos estremidades. (1)

Los doce enfermos se sientan sobre los bancos 6 y 7, *lámina* 11, *figura* 1 y 3; se cierran las doce cubiertas haciendo pasar la cabeza de cada enfermo á través de los agujeros que están en el centro de cada cubierta, y se les rodea el cuello con un paño que sirve para cerrar la parte de agujero que queda abierta al rededor del cuello del enfermo (2). Se continúa el fuego en las estufas *i* y *k* para sostener la temperatura interior constantemente al mismo grado; se abre entonces la puerta V, *lámina* 10, *figura* 2 del horno donde se meten las sustancias que se quieren administrar en fumigacion. Se pone azufre ordinario en polvo. Se cierra la puerta V, y por medio de las llaves de que se ha tratado en la descripcion de la *lámina* 10, *figura* 2, se eleva un poco el registro que está colocado hácia la parte de abajo de esta puerta, se introduce de este modo sobre el azufre en combustion una capa de aire mas ó menos gruesa, para efectuar la combustion de una manera conveniente al fin propuesto: en el mismo momento se entreabren los registros de tiro 2 y 3 colocados en los tubos *o'*, *q'*, *lámina* 10, *figura* 2, y se establece de este modo una corriente al través del aparato. El ácido sulfuroso que se produce en la caja de chapa de hierro 9, *lá-*

(1) Se puede si se quiere, someter los vestidos de los enfermos á la accion del ácido sulfuroso, durante el tiempo que ellos estan colocados en la caja: para esto bastará introducir en un armario los vapores que salen del aparato, y colocar en él, los vestidos de los enfermos.

(2) Si se quiere someter la cabeza del enfermo á la fumigacion, será necesario sustituir al paño de que hemos hablado, un capuchon de cuero clavado á la cubierta, y que se fijará al rededor de la cara del enfermo por medio de una cinta con hevilla, de manera que solo quede la cara espuesta al aire atmosférico.

mina 11, *figura* 3, pasa con el aire no descompuesto, y por el canal subterráneo 10 llega á 8 bajo la caja de madera vuelta boca abajo, *figura* 2 A. El gas sulfuroso llena esta especie de recipiente, y no puede salir sino pasando por los agujeros de su cubierta, que por sus diámetros desiguales reparte con igualdad el gas en todas las partes del aparato. Los gases se remolinan en la caja, envuelven á los enfermos, obran sobre ellos, y en seguida son estraidos por los tubos *o'* y *q'*, que hacen el vacío en la caja hácia las aberturas 17 y 18, *lámina* 11, *figura* 1 y 2, de donde pasan á los tubos *o' q'* y á los tubos *o* y *q*, que los conducen á la chimenea general *p*.

147. Los tubos *o' q'* sirven pues: primero, para establecer una corriente en la caja; segundo, para favorecer de esta suerte la produccion de los gases ó de los vapores en la caja de hierro 9, *lámina* 11, *figura* 3; tercero, para conducir fuera estos mismos vapores despues de haber obrado sobre la piel de los enfermos, y que estan saturados del abundante sudor que estos producen; cuarto, para hacer afluir á la caja nuevos vapores que llenan el mismo objeto.

Estos tubos *o' q'* sirven ademas para enlodar todas las junturas de la caja, é impedir á los gases el que salgan por las rendijas de las puertas y de las cubiertas, y evitar la infeccion del aire puro, que debe respirarse en la pieza donde se hallan los aparatos con los enfermos que estan espuestos á la operacion, y los otros que esperan su turno. Este efecto, que ha sido completamente producido, es sin contradiccion alguna la mayor ventaja que presenta el aparato fumigatorio que hemos descrito. En las cajas construidas antes de estas, era necesario para impedir que los gases salieran por las rendijas y preservar la respiracion de estos á los enfermos, enco-

lar con papel las junturas del aparato, cuando el enfermo estaba colocado, y si esto no se hacia con exactitud, la pérdida de los gases venia á ser incómoda y muchas veces peligrosa; podia ademas dañar al enfermo inspirándole temores y atacando á su razon. En el aparato de doce plazas, los gases no pueden escaparse de la caja. Este efecto se produce muy sencillamente y hasta el grado que se desea por el solo medio de los tubos *o*' *q*', en los que se arregla el tiro, abriendo mas ó menos los registros 2 y 3, *figura* 2. Si estos tubos conducen mas aire que el que puede entrar por la rendija horizontal que forma la parte baja de la puerta V, *lámina* 11, *figura* 2, es evidente, que el aire de la habitacion debe penetrar en el aparato por todas las otras rendijas para suministrar á los tubos *o*' y *q*', y restablecer de este modo el equilibrio que ellos tienden siempre á destruir. Se ve por esto, que modificando bien el juego de estos tubos, pueden enlodarse, por decirlo asi, segun convenga todas las junturas del aparato; esto es lo que sucede cuando no se abren los registros 2 y 3 que ajustan lo necesario para que los gases no salgan de la caja por las rendijas de las puertas y de las cubiertas. Si se hace lo contrario, los gases saldrán á la pieza, ó el aire de esta entrará en el aparato: dos casos que hay que evitar igualmente, pues que en el primero, los enfermos respiran gases deletéreos, y en el segundo, sufren en la caja, corrientes de aire frio que se establecen.

Puede hacerse uso del mismo medio para poder impunenemente abrir en su totalidad una de las doce cubiertas de la caja; para esto basta cerrar la rendija de la puerta V, *lámina* 10, *figura* 2, abrir del todo los registros 2 y 3, y levantar suavemente una de las cubiertas de la caja fumigatoria; estos dos tubos *o*' *q*', estraen del aparato todo el aire

que penetra por la abertura que forma la cubierta al levantarse, y que se precipita en la caja é impide salir á los gases.

Esta circunstancia ha suministrado la gran ventaja de no interrumpir jamás el fuego del aparato, ínterin los enfermos estan espuestos al tratamiento. Cuando uno de los enfermos se siente fatigado, ó que ha quedado espuesto á la fumigacion el tiempo conveniente, se toman las precauciones que acaban de indicarse; se abre la cubierta que le corresponde, sale de la caja, y es reemplazado por otro nuevo enfermo sin detener la fumigacion, ni esparcir el menor olor en la pieza. Cuando el nuevo enfermo está colocado, se cierran lo suficiente los registros de los tubos *o*' y *q*', se abre la rendija de la puerta V, y sigue la operacion del mismo modo que ha sido descrita anteriormente.

148. Terminaremos esta descripcion, indicando las diferentes fumigaciones que pueden administrarse por medio de este aparato.

Pueden darse: 1.º baños de aire seco y caliente; 2.º baños de aire caliente saturado de vapor de agua; 3.º baños de ácido sulfuroso ó de cualquiera otro ácido seco ó saturado de agua; 4.º baños de hidrógeno sulfurado de vapores de vino y de azufre en vapor, etc.; 5.º fumigaciones mercuriales, aromáticas, espirituosas, etc.; en una palabra pueden administrarse fácilmente todos los vapores y gases tomados uno á uno, ó mezclados dos á dos, tres á tres, cuatro á cuatro, etc.

No entraremos en mayores detalles relativos á este asunto, porque las manipulaciones necesarias para producir estos efectos, son familiares á los farmacéuticos que deben estar especialmente encargados de preparar estos diferentes baños ó fumigaciones, y de administrarlos á los enfermos.

Acido hipo-sulfuroso.

149. Cuando se hace hervir durante algun tiempo una disolucion de un sulfito alcalino neutro con azufre en flor, se observa que la sal disuelve una cantidad de este cuerpo igual á la que contiene el ácido sulfuroso de que hace parte. La sal queda neutra, y en el dia se admite que el ácido sulfuroso, combinándose con esta nueva cantidad de azufre, se trasforma en un nuevo ácido menos oxigenado, al que se da el nombre de ácido hipo-sulfuroso. Este ácido que para la misma cantidad de oxígeno contiene dos veces mas azufre, debe ser formado de

2 át. azufre................	402,32	ó bien	66,80
2 át. oxígeno..............	200,00		33,20
2 át. ácido hipo-sulfuroso.	602,32		100,00

Los señores Herschel y Gay-Lussac, que han examinado sus combinaciones, admitiendo su existencia como un ácido distinto, han demostrado que no se le podia obtener aislado sino algunos instantes. En efecto, si se trata el hipo-sulfito de estronciana en disolucion debilitada, por ejemplo, por el ácido sulfúrico, se forma sulfato de estronciana insoluble, y la disolucion retiene el ácido hipo-sulfuroso que ha quedado libre. Filtrando prontamente el líquido para separar el sulfato, se obtiene desde luego una disolucion clara y sin olor, se enturbia bien pronto, deja depositar azufre y adquiere el olor característico del ácido sulfuroso. El ácido hipo-sulfuroso aislado se trasforma lo mismo en azufre y ácido sulfuroso, sea cualquiera el cuidado que se tenga para conservarle. Este es

un hecho notable, porque los hipo-sulfitos son al contrario mas estables que los sulfitos.

Acido sulfúrico.

150. El ácido sulfúrico debe ser colocado en el rango de los productos mas preciosos para la industria. Como ácido es uno de los mas poderosos que se conocen, y sus propiedades son tales, que en general puede emplearse casi siempre que hay necesidad de servirse de una materia ácida cualquiera. Su precio bajo favorece ademas para este objeto; es del mayor interés en todo pais donde se desea la prosperidad de las fábricas, reducir tanto cuanto se pueda el valor de las materias necesarias para su produccion. En efecto, el ácido sulfúrico se emplea para obtener todos los otros ácidos; es indispensable para la fabricacion de la sosa artificial; el blanqueo, la tintorería, le consumen en grandes cantidades, y por mejor decir, apenas se halla industria que no le consuma en mas ó menos abundancia. Si se tuviera un cuadro exacto de las cantidades de ácido sulfúrico que se consumen anualmente en diversos paises ó en diversas épocas, no puede dudarse que este cuadro presentaria al mismo tiempo la medida exacta del desarrollo de la industria general en estas épocas, ó en estos paises.

Asi este ácido, cuyo descubrimiento se atribuye á Basilio Valentin, químico que vivia hácia fines del siglo XV, ha ocupado sucesivamente á todos los hombres notables que han cultivado el estudio de la química.

Su importancia nos precisa examinarle con mas detencion que lo hemos hecho en el estudio de los cuerpos precedentes; pero no estudiaremos por lo tanto su accion, sobre las materias

que estarán colocadas mas adelante, segun el plan adoptado para esta obra, á fin de evitar repeticiones inútiles.

El ácido sulfúrico se conoce bajo tres formas distintas: 1.ª, puro ó seco; 2.ª, combinado con una cantidad determinada de agua, este es el ácido ordinario del comercio; 3.ª, en el estado cristalino, este es una mezcla de ácido puro ó seco y de ácido hidratado ordinario en proporciones variables.

151. *Propiedades del ácido sulfúrico puro.*—El ácido sulfúrico es sólido á la temperatura ordinaria; se liquida hácia los 25° centígrados y á poco mas pasa al estado de vapor. Asi una vez que ha cristalizado, es muy dificil fundirle de nuevo, no siendo ayudado de una ligera presion. Cristaliza bajo la forma de agujas blancas, suaves, flexibles y de un brillo notable. Su densidad cuando líquido es de 1,97 á 20° c. poco mas ó menos; cuando sólido, su densidad es sin duda un poco mayor. Un calor poco menos que el rojo no hace en él otro efecto que trasformarle en vapor; pero al calor rojo ó mas adelante de este, se descompone en ácido sulfuroso y oxígeno. Para que el esperimento tenga buen éxito, es necesario emplear un tubo de porcelana lleno de fracmentos de la misma sustancia, y calentarle bastante antes de hacerle pasar al estado de vapor de ácido sulfúrico. Este gas se recoge sobre el mercurio.

Su accion es nula sobre el oxígeno y el aire, del cual estrae solamente la humedad con mucha fuerza. Por esto esparce espesos vapores cuando se halla espuesto á su contacto y pasa el estado de ácido sulfúrico mas ó menos hidratado. El hidrógeno ayudado del calor le trasformará probablemente en agua y en hidrógeno sulfurado.

No se ha examinado la accion del cloro ni la del bromo sobre este ácido. Tiene la propiedad de disolver al iodo, y en-

tonces adquiere un color azul verdoso; disuelve igualmente al azufre, tomando un color moreno, verde ó azul, segun las cantidades relativas de ácido y de azufre; la disolucion azul contiene la menor cantidad posible de azufre, y la morena la mayor. Disuelve asimismo al selenio y al teluro. La disolucion de selenio es de un color verde hermoso; la de teluro de un bonito rojo cormesí. En general, el agua vertida de repente sobre estas disoluciones se apodera del ácido y precipita los cuerpos disueltos, sin que estos se alteren. Pero abandonándolas al aire, de modo que estraigan poco á poco su humedad, los cuerpos en disolucion se oxidan á escepcion del iodo, y el ácido pasa al estado de ácido sulfuroso.

Despues de lo que ya hemos establecido, la accion de este ácido sobre el agua es muy enérgica. En efecto, tomándole al estado líquido y dejando caer algunas gotas sobre el agua, cada una de ellas produce un ruido semejante al que ocasiona un hierro candente cuando se introduce en este líquido, produciendo como una pequeña esplosion, porque el calor que se desenvuelve es muy grande y se forma repentinamente un poco de vapor de agua. Asi, puede obtenerse el agua mas ó menos cargada de ácido, cuya densidad será tanto mas grande en general cuanto mayor sea la cantidad de ácido que contenga.

Cuando se somete á la accion del calor el ácido dilatado en agua, entra mas ó menos pronto en ebullicion, aumentando el punto de esta sucesivamente hasta que el líquido se aproxima á los 310° c., término en el que permanece estacionario. El licor queda en la retorta y puede ser entonces destilado sin alteracion. Este líquido ofrece todos los caracteres de una combinacion en proporciones determinadas de ácido sulfúrico y agua. Esta combinacion es la que constituye el ácido

sulfúrico ordinario del comercio. Vamos á examinar sus principales propiedades.

152. *Propiedades del ácido sulfúrico comun, hidratado.* —El ácido sulfúrico hidratado es un líquido oleaginoso, mucho mas viscoso que el ácido anhidro líquido. Es por lo tanto menos pesado; su densidad á 15 grados es de 1,848, es menos cáustico; pero sin embargo lo es todavia bastante para desorganizar prontamente todas las materias vegetales y animales. El ácido anhidro hierve á los 25° c., y el ácido hidratado no lo efectúa sino á los 310°; el primero siempre es sólido bajo la temperatura de 25°, y el segundo no se congela sino á los 10 ó 12° bajo 0° c. El uno y el otro enrogecen la tintura del tornasol con la mayor energía. El ácido hidratado se descompone por el calor en agua, ácido sulfuroso y oxígeno; su accion en la mayor parte de los casos es como la de el ácido anhidro, á escepcion de efectuar con menos facilidad la disolucion del telurio y el selenio, y que se niega á disolver el azufre y el iodo aun por el intermedio del calor. El iodo permanece sin accion si se eleva la temperatura, mientras que el azufre le trasforma en ácido sulfuroso, pasando él mismo á este estado.

No desprende vapores por su contacto con el aire, pero atrae vivamente la humedad, y hasta tal punto, que puede condensar cuando se le espone á un aire saturado de ella quince veces su propio peso de agua, siempre que se tenga cuidado de prolongar el esperimento lo suficiente, y agitar de tiempo en tiempo el líquido para favorecer su mezcla con las diversas capas de humedad.

153. Cuando se vierte este ácido en el agua, desprende mucho calor, pero menos que el ácido anhidro.

Si se vierte con lentitud, corre como un jarabe al través

del líquido, se apodera del fondo del vaso, y no se combina sino lentamente con el agua; pero agitándole, la combinacion se efectúa instantáneamente con un desprendimiento de calor muy considerable. Mezclando 250 gramas (5006 gr.) de ácido sulfúrico ordinario, é igual cantidad de agua á la temperatura ordinaria, se desarrolla un calor en el líquido de 84° c. Si se toman 500 partes de ácido y 125 de agua, la mezcla puede elevarse á 105° c., es decir mas allá de la temperatura del agua hirviendo.

La tabla siguiente manifiesta las temperaturas producidas por diversas mezclas de agua y ácido sulfúrico concentrado del comercio. Esta tabla servirá para consultar en el caso en que se ocurran mezclas semejantes, lo que sucede muchas veces.

Tabla de las temperaturas producidas por la mezcla de 5 kilógramas (10,867 libras) de agua á 10° c. con

Acido sulfúrico comun concentrado tambien á 10° c.	Libras españolas.	Temperaturas de la mezcla.	Acido sulfúrico comun concentrado tambien á 10° c.	Libras españolas.	Temperatura de la mezcla
Kilógramas.			Kilógramas.		
0,5	1,0867	25°c.	7	15,2138	113
1	2,1734	37	7,5	16,3005	116
1,5	3,2601	43	8	17,3872	119
2	4,3468	53	8,5	18,4739	121
2,5	5,4335	58	9	19,5606	123
3	6,5202	62	9,5	20,6473	124
3,5	7,6069	68	10	21,7340	125
4	8,6936	75	12,5	27,1675	130
4,5	9,7803	85	13,5	29,3409	129
5	10,8670	95	15	32,6010	129
5,5	11,9537	101	17,5	38,0345	127
6	13,0404	105	20	43,4680	120
6,6	14,1271	109			

Despues de esto no es admirable que Lavoisier y Laplace hayan encontrado, que mezclando 734 gramas (14701 granos) de agua y 979 gramas (19607 granos) de ácido sulfúrico hidratado, hayan producido bastante calor para fundir 1529 gramas de hielo (30625 granos).

En fin, puesto en contacto con el hielo ó la nieve, determina rápidamente la fusion. En este esperimento se produce calor por la combinacion del agua con el ácido, y frio por la fusion del hielo ó la nieve. La temperatura de la mezcla se eleva ó desciende, segun uno de los dos objetos predomina sobre el otro. Si se toman cuatro partes de ácido y una de hielo machacado, la mezcla se calienta, en tanto que cuatro de hielo y una de ácido producen un frio suficiente para hacer descender la temperatura á 20° bajo cero aproximadamente.

154. El ácido hidratado que consideramos aqui, puede, pues, combinarse con diversas cantidades de agua, y á medida que estas se aumentan, su densidad desminuye y se aproxima de este modo mas y mas á la unidad; su punto de ebullicion baja tambien sucesivamente, y se aproxima poco á poco á 100°; pero jamas puede llegar á uno ni á otro de estos dos términos, y de consiguiente con mayor razon no puede pasar de ellos.

El ácido hidratado puede igualmente disolver al ácido anhidro, y entonces su densidad aumenta y su punto de ebullicion baja rápidamente; pero su densidad no llega jamás á 1,97 y su punto de ebullicion no desciende tampoco á 25° c.

155. Hay como se ve para el ácido hidratado un término constante, cuyo punto de ebullicion es á 310° c. Añadiendo agua se originan combinaciones mas dilatadas que se convierten por el calor en agua que se desprende, y en ácido hirviendo á 310° que permanece en el vaso. Añadiendo ácido anhi-

dro, se producen por el contrario, combinaciones menos dilatadas que se separan tambien con el calor, pero entonces es el ácido anhidro el que se volatiliza, y el ácido hirviendo á 310° queda en el vaso como en el caso anterior.

La tabla siguiente manifiesta los diversos puntos de ebullicion que puede ofrecer el ácido comun mas ó menos dilatado en agua. No hay resultados análogos para el mismo ácido mas ó menos mezclado de ácido anhidro; pero podemos estar seguros que la presencia de este último hace bajar rápidamente su punto de ebullicion.

Tabla del punto de ebullicion del ácido sulfúrico á diversos grados.

Peso específico.	Punto de ebullicion.	Pesantez específica.	Punto de ebullicion.
1,852	327° c.	1,757	212° c.
1,849	318	1,744	204
1,848	310	1,730	198
1,847	301	1,715	194
1,845	293	1,699	190
1,842	284	1,684	186
1,838	277	1,670	182
1,833	268	1,650	177
1,827	260	1,520	143
1,819	253	1,408	127
1,810	245	1,30	116
1,801	240	1,20	107
1,791	230	1,10	123
1,780	224		
1,769	217		

156. Si existen muchos hidratos de ácido sulfúrico, el ácido sulfúrico del comercio es por lo menos el mas estable.

Este es tambien el que sirve en general de punto de comparacion ó de partida, para el exámen de las propiedades del ácido sulfúrico mas ó menos dilatado en agua.

Es probable en efecto, que existe mas de un compuesto en proporciones fijas de ácido sulfúrico y agua. El calor que se desprende cuando el ácido hidratado comun se pone en contacto con este líquido, indica la formacion de un nuevo compuesto, y se observa ademas que el ácido ligeramente dilatado se congela con una facilidad notable. Cuando el ácido ordinario no se solidifica sino á 10 ó 12° bajo cero c., y el agua no se congela sino á 0°, este ácido cristaliza en prismas muy puros, muy trasparentes y algunas veces de un volúmen considerable, á la temperatura de 4 ó 5° sobre 0°. Este ácido convenientemente dilatado en agua, que posee esclusivamente esta propiedad entre las numerosas mezclas de un ácido sulfúrico que se pueden efectuar, parece pues constituir una combinacion distinta de agua y ácido; pero el calor la destruye, y es mucho menos estable que el ácido ordinario.

157. *Propiedades del ácido sulfúrico cristalino de Nordhausen.*—Bajo este nombre se conoce un líquido formado de proporciones variables de ácido seco, de ácido ordinario y de ácido sulfuroso que se encuentra en él accidentalmente. Haciendo abstraccion del ácido sulfuroso, es fácil formarse una idea de las propiedades de este cuerpo; es menos pesado que el ácido anhidro y mas que el ácido ordinario. Cristaliza mas fácilmente que este último, pero menos que el primero. Obra sobre el agua con una fuerza tanto mas grande, cuanto mayor es la cantidad de ácidro anhidro que contiene. Esponiéndole á la accion del calor, pierde el ácido anhidro y el ácido sulfuroso, y queda al estado de ácido ordinario; espuesto al aire, esparce vapores blancos, debidos

á la facilidad con que se volatiliza el ácido anhidro que obra sobre el agua esparcida en la atmósfera.

En fin, todas estas propiedades son debidas á las del ácido anhidro y del ácido ordinario. Sus efectos son mas bien los de una mezcla que los de una combinacion. Si hacemos aqui mencion de él, de una manera especial, es por que este cuerpo se emplea en la tintoreria, con preferencia al ácido ordinario para obtener las disoluciones de indigo.

158. *Composicion.* El ácido sulfúrico sometido á la accion del calor, se trasforma en ácido sulfuroso y oxígeno como ya hemos dicho. M. Gay-Lussac, que ha estudiado esta descomposicion con mayor cuidado, se aseguró que estos gases se hallaban exactamente en la relacion de dos volúmenes de ácido sulfuroso y uno de oxígeno. El ácido sulfúrico está formado por lo tanto de:

1 át. azufre.	201,16	ó bien	40,14
3 át. oxígeno	300,00		59,86
1 át. ácido sulfúrico.	501,16		100,00

El ácido sulfúrico ordinario del comercio es un hidrato perfectamente determinado. Cuando su densidad es igual á 1,848, contiene:

1 át. ácido sulfúrico seco.	501,19	ó bien	81,68
2 át. agua.	112,48		18,32
	613,64		100,00

En cuanto al ácido hidratado que cristaliza á 4 ó 5° sobre 0°. Keir ha encontrado que su densidad era igual á 1,78. Segun Dalton, el ácido á este grado contendrá precisamente,

dos veces tanta agua como el ácido ordinario, lo que no conviene con los esperimentos de un gran número de químicos, segun los cuales, el ácido dilatado á este punto no pesará sino 1,72 aproximadamente. Asi aunque sea probable que este carácter indique un compuesto definido, queda sin embargo una incertidumbre sobre su composicion real.

159. Cuando se añade agua al ácido sulfúrico, el compuesto ó mezcla que se obtiene, no resulta la densidad media del agua y el ácido empleados; hay siempre condensacion, y como esta varía, no se puede establecer una regla general para determinar la fuerza de un ácido sulfúrico cualquiera debilitado. Ha sido preciso hacer los esperimentos sobre diversas mezclas, y de esta suerte se han formado tablas muy útiles. Muchas existen de estas, pero no citaremos sino los resultados de los Sres. Vauquelin, D'Arcet y Parkes, no pareciendo exacta la tabla de M. Dalton, y no ofreciendo la de M. Ure sino una repeticion de la de M. Parkes. Estas cinco tablas son las únicas que yo conozco; todas se refieren al ácido sulfúrico ordinario hidratado, que ha servido para hacer las mezclas.

Tabla de la riqueza del ácido sulfúrico á diversos grados para la temperatura de 15° c.

Grados del areometro de Baume.	Densidad del ácido siendo el agua—1.	Cantidades de ácido sulfúrico hidratado ordinario para 100.	Cantidades de agua para 100.	Nombres de los Observadores.
66°	1,842	100	0	»
60	1,725	84,22	15,78	Vauquelin.
60	1,717	82,34	17,66	D'Arcet.
55	1,618	74,32	25,68	Vauquelin.
55	1,618	74,32	25,68	D'Arcet.
54	1,603	72,70	27,30	id.
53	1,586	71,17	28,83	id.
52	1,566	69,30	30,70	id.
51	1,550	68,30	31,70	id.
50	1,532	66,45	33,55	id.
50	1,524	66,45	33,55	Vauquelin.
49	1,515	64,37	35,63	D'Arcet.
48	1,500	62,80	37,20	id.
47	1,482	61,32	38,68	id.
46	1,466	59.85	40,15	id.
45	1,454	58,02	41,98	id.
45	1,466	58,02	41,98	Vauquelin.
40	1,375	50,41	49,59	id.
35	1,315	43,21	56,79	id.
30	1,260	36,52	63,48	id.
25	1,210	30,12	69,88	id.
20	1,162	24,01	75,99	id.
15	1,114	17,39	82,61	id.
10	1,076	11,73	88,27	id.
5	1,023	6,60	93,40	id.

Tabla de la riqueza del ácido sulfúrico á diversos grados á la temperatura de 15° c. por M. Parkes.

Densidad.	Acido sulfúrico ordinario, para 100.	Densidad.	Acido sulfúrico ordinario, para 100.
1,8484	99,009	1,6523	74,626
1,8465	98,037	1,6464	74,074
1,8445	97,087	1,6406	73,529
1,8416	96,163	1,6348	72,992
1,8387	95,238	1,6289	72,463
1,8358	94,339	1,6230	71,942
1,8319	93,457	1,6171	71,428
1,8270	92,509	1,6113	70,921
1,8222	91,743	1,6054	70,422
1,8163	90,909	1,5995	69,930
1,8104	90,090	1,5937	69,444
1,8046	89,285	1,5879	68,965
1,7988	88,495	1,5820	68,493
1,7929	87,719	1,5761	68,027
1,7880	86,956	1,5703	67,567
1,7821	86,206	1,5645	67,114
1,7744	85,470	1,5585	66,666
1,7666	84,745	1,5526	66,225
1,7588	84,033	1,5478	65,789
1,7510	83,333	1,5429	65,359
1,7431	82,644	1,5390	64,935
1,7353	81,967	1,5351	64,516
1,7275	81,300	1,5312	64,102
1,7207	80,645	1,5273	63,694
1,7138	80,000	1,5234	63,291
1,7070	79,365	1,5195	62,893
1,7002	78,740	1,5156	62,500
1,6933	78,125	1,5117	62,111

Densidad.	Acido sulfúrico ordinario, para 100.	Densidad.	Acido sulfúrico ordinario, para 100.
1,6865	77,519	1,5078	61,728
1,6796	76,923	1,5039	61,349
1,6728	76,335	1,5000	60,975
1,6660	75,757	1,4960	60,606
1,6582	75,187	1,4921	60,240
1,4882	59,880	1,3281	43,478
1,4843	59,523	1,3203	42,553
1,4804	59,171	1,3125	41,666
1,4765	58,823	1,3056	40,816
1,4726	58,481	1,2988	40,000
1,4687	58,139	1,2919	39,215
1,4648	57,803	1,2851	38,461
1,4609	57,471	1,2783	37,735
1,4570	57,142	1,2724	37,037
1,4531	56,818	1,2676	36,363
1,4502	56,497	1,2627	35,714
1,4473	56,179	1,2568	35,087
1,4433	55,865	1,2520	34,482
1,4395	55,555	1,2470	33,898
1,4365	55,248	1,2421	33,333
1,4336	54,945	1,2343	32,258
1,4306	54,644	1,2265	31,250
1,4276	54,347	1,2187	30,303
1,4257	54,054	1,2129	29,411
1,4218	53,763	1,2060	28,571
1,4189	53,475	1,1992	27,777
1,4160	53,191	1,1933	27,027
1,4130	52,910	1,1875	26,315
1,4101	52,631	1,1825	25,641
1,4072	52,356	1,1776	25,000
1,4042	52,083	1,1728	24,390
1,4013	51,813	1,1679	23,809
1,3984	51,546	1,1630	23,255
1,3955	51,282	1,1582	22,727

Densidad.	Acido sulfúrico ordinario, para 100.	Densidad.	Acido sulfúrico ordinario, para 100.
1,3926	51,020	1,1552	22,222
1,3906	50,761	1,1523	21,739
1,3886	50,505	1,1494	21,376
1,3867	50,256	1,1464	20,833
1,3848	50,000	1,1426	20,408
1,3730	48,780	1,1338	20,000
1,3632	47,619	1,1328	19,230
1,3535	46,511	1,1279	18,518
1,3437	45,454	1,1240	17,857
1,3359	44,444	1,1181	17,241
1,1132	16,666	1,0322	4,761
1,1054	15,384	1,0283	4,255
1,0966	14,285	1,0254	3,846
1,0898	13,333	1,0234	3,508
1,0839	12,500	1,0214	3,225
1,0781	11,764	1,0585	2,777
1,0732	11,111	1,0166	2,439
1,0693	10,526	1,0146	2,175
1,0664	10,000	1,0127	1,960
1,0625	9,523	1,0117	1,785
1,0602	9,090	1,0107	1,639
1,0546	8,333	1,0102	1,515
1,0507	7,692	1,0098	1,408
1,0488	7,142	1,0093	1,315
1,0458	6,666	1,0088	1,234
1,0429	6,250	1,0083	1,162
1,0390	5,882	1,0078	1,098
1,0370	5,555	1,0073	1,041
1,0351	5,263	1,0068	0,990
1,0337	5,000		

160. *Preparacion.*—Se conocen en el comercio dos especies de ácido sulfúrico. El primero consiste en una mezcla de ácido hidratado ordinario con mas ó menos cantidad de

ácido anhidro, y lleva el nombre de ácido sulfúrico cristalino, glacial ó humeante, porque en efecto se solidifica fácilmente por el frio y esparce vapores por el contacto del aire. Se designa muchas veces tambien con el nombre de ácido sulfúrico de Nordhausen, villa de Alemania, á donde se fabrica hace mucho tiempo. El consumo de este ácido es pequeño, porque realmente no es preferible sino para hacer la disolucion de índigo que se emplea en la tintorería. El segundo, por el contrario, se fabrica y consume en cantidades enormes; este es el ácido sulfúrico hidratado, y tambien el ácido ordinario del comercio.

Como no es posible estraer el agua á el ácido sulfúrico ordinario, se concibe que la preparacion de estas dos variedades debe estar fundada sobre reacciones diferentes. Vamos á examinarlas sucesivamente.

161. *Preparacion del ácido sulfúrico anhidro y del ácido sulfúrico humeante de Nordhausen.*–El ácido sulfúrico de Nordhausen se obtiene descomponiendo el sulfato de hierro desecado por el calor. Todos los sulfatos se descomponen á la temperatura roja, á escepcion de los de potasa, sosa, litina, estronciana, barita, cal y magnesia; por consecuencia todos á escepcion de estos, podrán emplearse para esta preparacion. El bajo precio del sulfato de hierro hace que se le dé la preferencia con respecto á los otros. Por lo demas, se concibe fácilmente la marcha de este procedimiento, teniendo presente que cuando el ácido ordinario se halla combinado con una base cualquiera, el agua á que está unido queda libre y se separa de la sal, á una temperatura poco elevada. Todos los sulfatos se pueden por lo tanto obtener secos, y de consiguiente su ácido privado de agua. Esta operacion suministrará en efecto el ácido anhidro, siendo posible desecar exactamente el sulfato; pero

esto es muy dificil por mas cuidado que se ponga; permanece siempre un poco de agua y de aqui una mezcla de ácido hidratado y ácido anhidro. Observemos ademas, que la temperatura á que se descomponen la mayor parte de los sulfatos, es al poco mas ó menos la misma á que se efectúa tambien la descomposicion del ácido sulfúrico, y se concibe que debe destruirse una cantidad mas ó menos notable de ácido sulfúrico, y pasar al estado de oxígeno y de gas sulfuroso. Advirtiendo, en fin, que el ácido sulfúrico puro puede absorver al ácido sulfuroso, todos los fenómenos que la operacion ha de presentar, asi como sus productos serán fáciles de preveer.

162. La preparacion del ácido sulfúrico de Nordhausen, no es conocida en sus pormenores, pero si se quiere fabricar en el dia, no ofrece ninguna dificultad, merced á las investigaciones de Mr. Bussy. Se sabe en efecto que se prepara por medio del sulfato de hierro; no se trata, pues, sino de discutir con cuidado los resultados que produce la destilacion de esta sal.

El sulfato de hierro del comercio está formado de ácido sulfúrico, de protóxido de hierro y agua. A una temperatura inferior al grado rojo, el agua se desprende enteramente; pero cuando se opera un poco en grande, es bastante dificil obtener una temperatura homogénea en toda la masa, de suerte que la sal retiene siempre un poco de agua. Se obtiene, pues, un producto privado casi enteramente de agua, que consiste esencialmente en sulfato de protóxido de hierro: en los laboratorios se ejecuta esta operacion en una vasija de barro. La sal se funde, y á medida que el agua se desprende, se produce una masa de un blanco sucio. Para obtenerle en grande puede operarse en un horno de reverbero sin dificultad. La sustancia se

remueve con una vara de hierro hasta que se efectúe la espulsion total de la humedad, ó poco menos.

Cuando la sal está seca, para poder estudiar su descomposicion por el fuego, se introduce en una retorta de vidrio enlodada con arcilla, y despues de haber afilado á la lámpara su cuello, se coloca en un horno de reverbero, dirigiendo su cuello á una probeta que contenga agua caliente á cerca de 50°. A la probeta se adapta un tubo encorvado para recoger los gases. Dispuesto todo de esta manera se calienta poco á poco la retorta. Suponiendo que la sal retenga un poco de agua, esta se desprenderá la primera y pasará á mezclarse con la que contiene la probeta. Si la sal está seca, no podrá desprenderse agua, y en estos dos casos asi que la retorta haya adquirido una temperatura roja, se obtendrá un desprendimiento rápido de gas ácido sulfuroso, que estará casi puro. A este punto se reconoce que empieza la descomposicion de la sal, y bien pronto el gas se halla mezclado con oxígeno. La cantidad de este va creciendo gradualmente, hasta que llega á formar el tercio de la mezcla gaseosa. Partiendo desde esta época, los resultados quedarán constantes hasta el fin de la operacion. Cuando esta ha terminado, se halla el agua de la probeta cargada de ácido sulfúrico, y en la retorta por resíduo, ya peróxido de hierro puro, ya una mezcla de peróxido y de subsulfato de peróxido, si el fuego ha sido demasiado debil ó muy poco prolongado.

Se ve, pues, que el sulfato de protóxido de hierro del comercio, produce desde luego por la accion del fuego, toda el agua de cristalizacion, en seguida gas sulfuroso puro, y por último, una mezcla de ácido sulfúrico, de ácido sulfuroso y de oxígeno, dejando por resíduo peróxido de hierro.

Todos estos resultados se conciben fácilmente. La sal pasa

desde luego al estado de sulfato anhidro de protóxido, despues una parte del ácido se descompone para trasformar el protóxido en peróxido ; de aqui proviene el desprendimiento de ácido sulfuroso puro. En fin, el sub-sulfato de peróxido se descompone á su vez, el peróxido de hierro y el ácido sulfúrico, quedan ambos en libertad ; pero el ácido se descompone en parte por el calor y produce asi gas sulfuroso y oxígeno en la relacion de 2 á 1.

Partiendo de este principio se concibe que si en lugar de poner agua caliente en la probeta, lo que tiene por objeto retener el ácido sulfúrico, sin condensar el ácido sulfuroso, se tiene por el contrario cuidado de emplear una probeta seca pero enfriada á 20° bajo 0, el ácido sulfuroso y el ácido sulfúrico se condensarán y pasará á los frascos el oxígeno puro.

Dejando la mezcla de ácido sulfúrico y sulfuroso en la probeta, y quitando la mezcla refrigerante, el ácido sulfuroso volverá á tomar el estado gaseoso, y el licor entrará en ebullicion á 3 ó 4° sobre 0°; teniendo cuidado de volverle á calentar con suavidad hasta 20 ó 25°, y de mantenerle durante algun tiempo en este estado, se obtendrá el ácido sulfúrico anhidro cristalizado en agujas suaves como el amianto.

163. Entre tanto es evidente que si el sulfato contenia un poco de agua, o bien que se haya puesto en la probeta, podrá obtenerse segun convenga el ácido sulfúrico hidratado, mezclado con mayor ó menor cantidad de ácido sulfúrico ordinario, ó bien en fin el ácido mas dilatado en agua que este.

Pero como el ácido ordinario es de un precio mas bajo que el ácido anhidro, se advierte que es mas conveniente añadir ácido anhidro, que servirse de este último para producir el ordinario.

Admitido esto, debe operarse del modo siguiente, para pre-

parar el ácido de Nordhausen. Se toma sulfato de hierro seco, se pone en una retorta de arcilla, á la que se adapta una alargadera, despues un balon, ó mas bien una série de balones, en los cuales se pone ácido ordinario. Conduciendo la destilacion lentamente, el ácido ordinario absorve al ácido anhidro, como tambien una porcion del ácido sulfuroso, en tanto que el oxígeno y el resto del ácido sulfuroso se desprenden. Puede obtenerse de este modo ácido mas ó menos cargado de ácido anhidro.

Esponiéndole á la accion del calor, el ácido sulfuroso se desprende desde luego, despues el ácido sulfúrico anhidro, y se obtiene por resíduo el ácido sulfúrico ordinario. Este es un medio de procurarse el ácido anhidro, tomando el ácido de Nordhausen que se halla en el comercio.

164. No puede evaluarse la calidad del ácido sulfúrico cristalino segun su densidad. Si el ácido anhidro aumenta la del ácido ordinario, y el ácido sulfuroso al contrario la disminuye, en general este ácido es por lo tanto 1 mas pesado que el ácido ordinario, se aproxima á 1,9 mas ó menos, y debe ser siempre algo superior en densidad al ácido ordinario. Por otra parte, se puede evaluar aproximadamente su calidad, segun la abundancia de los vapores que esparce en el aire, ó segun la facilidad con que disuelve el indigo. Si se desea una determinacion exacta, se obtendrá evaluando la cantidad de cloruro de bario que puede descomponer.

165. Es indudable que para un trabajo contínuo, el empleo de las retortas de arcilla, será poco conveniente en la preparacion de este ácido; pero podrá reemplazarse con facilidad el aparato que acabamos de describir, por otro cuya aplicacion no es dificil. Puede operarse la descomposicion del sulfato desecado en un horno de reverbero, en tubos de arcilla seme-

jantes á los que se emplean para estraer el azufre de la pirita. Estos tubos dispuestos horizontalmente en un horno, envian los vapores hácia la parte inferior de un serpentin de arcilla. Hácia la parte superior de este se adapta un tubo que produce una corriente lenta y contínua de ácido sulfúrico ordinario. El ácido sulfuroso sin condensar, se dirige á la cámara de plomo, donde se fabrica el ácido sulfúrico ordinario, y el ácido anhidro caerá en los recipientes, por el estremo inferior del serpentin. La esperiencia solamente puede enseñar á conocer cuál es el diámetro , la longitud y pendiente que debe darse al serpentin, como la temperatura á que debe mantenerse.

En vez de sulfato de protóxido de hierro, será mejor emplear el sulfato de peróxido; de esta suerte se evitará la pérdida del ácido que se descompone por la transformacion del protóxido de hierro en peróxido.

166. *Preparacion del ácido sulfúrico hidratado ordinario.* —El procedimiento que acabamos de describir, es precisamente el que emplearon los primeros químicos que observaron el ácido sulfúrico; de allí viene el nombre de aceite de vitriolo que recibió este cuerpo en la época de su descubrimiento. Despues advirtieron que la combustion del azufre, bajo campanas húmedas, producia un ácido semejante á aquel, y prepararon el ácido sulfúrico por otro nuevo procedimiento, dándole el nombre de *oleum sulphuris per campanan.* En fin, mas adelante Lefebre y Lémery imaginaron favorecer la combustion, añadiendo al azufre nitrato de potasa, cuyo ácido ofrece en efecto uno de los medios mas poderosos de oxigenacion, por la facilidad con que se descompone. Es cosa bien singular por cierto; el primero que ensayó este esperimento, fué guiado por una sospecha justa; obtuvo el resultado que habia previsto, es decir, una cantidad mucho mas grande de ácido sulfúrico , y

entretanto nada de lo que habia supuesto pasó en la operacion. Los químicos que sucedieron á esta época, apoyados en las ideas de sus predecesores, creyeron por espacio de mucho tiempo, que el ácido nítrico cedia su oxígeno al azufre, para formar el ácidó sulfúrico que se podia absorver, se desprendia el azoe y quedaba por resíduo el sulfato de potasa. La verdadera teoría se hizo conocer por M. Clement Désorme, despues de mucho tiempo y en una época en que la fabricacion del ácido sulfúrico se hizo muy activa, por el procedimiento de este sábio químico. Con respecto á la fabricacion, los químicos antiguos juzgaban que era necesario quemar la mezcla de azufre y nitrato de potasa, en vasos llenos de aire humedecido y de una gran capacidad, y que era preciso ademas, mantener en estos vasos una capa de agua para condensar el ácido. Por mucho tiempo se ejecutó esta operacion en balones de vidrio; pero en fin, imaginaron despues reemplazarlos por espaciosas cámaras de plomo, y desde aquel momento todas las artes químicas han mejorado de dia en dia como es fácil advertir. El ácido sulfúrico es un agente indispensable para todas estas artes; la mayor parte de ellas no se han desarrollado verdaderamente, hasta que este ácido ha podido espenderse á un precio bajo en el comercio.

La combustion de una mezcla de nitro y azufre en cámaras de plomo, es la base del procedimiento actual; pero antes de describirle, es necesario establecer su teoría.

167. *Teoría de la fabricacion del ácido sulfúrico ordinario.*—No puede concebirse bien lo que pasa en esta fabricacion, sin conocer la historia de los principales compuestos de azoe y oxígeno; pero una vez conocidas sus propiedades y composicion, es bastante facil entender todo lo que presenta de particular.

Hé aqui el esperimento fundamental, debido á M. Clemeut Désorme. Hecho el vacío en un balon de 5 ó 6 litros (399,385 ó 479,262, pulg. cúb.) de capacidad, se hacen pasar 2 litros (159,754 pulg. cúb.) de ácido sulfuroso y medio litro (39,938 pulg. cúb.) de deutósido de azoe; estos gases se mezclarán sin reaccionar uno sobre otro. Introduciendo en seguida en el balon 2 litros (159,754 pulg. cúb.) de oxígeno, se hallará de repente lleno de vapores rojos, debidos á la formacion instantánea del ácido nitroso, por la combinacion del deutóxido de azoe con el oxígeno adiccionado. Si los gases estan secos, la nueva mezcla que consiste en ácido sulfuroso, ácido nitroso y oxígeno, queda permanente; pero si se introduce un poco de agua en el balon, la suficiente para humedecer ligeramente sus paredes, los vapores rojos desaparecerán, y se depositarán poco á poco en dichas paredes cristales blancos en pequeñas agujas, colocadas bajo la forma de estrellas. Segun M. Clement, estos cristales estarán formados de ácido sulfúrico y deutóxido de azoe, unidos á cierta cantidad de agua. Si á este tiempo se hace llegar una cantidad de agua al balon, los cristales se disuelven ó desaparecen, produciendo un silvido muy marcado: la temperatura se eleva sensiblemente, el agua se carga de ácido sulfúrico y se desprende deutóxido de azoe, que encontrando al oxígeno, vuelve á pasar al estado de ácido nitroso, apareciendo de nuevo los vapores rojos. En este caso, el agua añadida ha determinado la separacion del ácido sulfúrico por su afinidad para con él, y el ácido nitroso ha cedido una parte de su oxígeno al ácido sulfuroso al formarse los cristales, y se halla convertido al estado de deutóxido de azoe que se desprende. Pero este deutóxido de azoe encuentra todavia oxígeno y ácido sulfuroso en el balon; pasa desde luego al estado de ácido nitroso, y en seguida

al de pequeños cristales iguales á los precedentes; estos son descompuestos á su vez por el agua y este fenómeno se reproduce, hasta que el ácido sulfuroso ó el oxígeno se han consumido enteramente. Se observa que en virtud de esta reaccion singular, una cantidad muy pequeña de deutóxido de azoe, podrá trasformar en ácido sulfúrico una mezcla cualquiera de ácido sulfuroso y oxígeno, bajo la influencia del agua, con tal que se dé á las reacciones sucesivas el tiempo necesario para poderse efectuar.

168. Podrá elaborarse el ácido sulfúrico en grande, quemando azufre en una cámara de plomo, cuyo suelo esté cubierto de agua, y haciendo llegar al mismo tiempo deutóxido de azoe por un medio cualquiera. Se puede obtener este deutóxido de azoe, bien sea descomponiendo el ácido nítrico por medio del azúcar al estado de melaza, por medio de fécula de patatas, para hacer el ácido oxálico, ó bien en fin, descomponiendo nitrato de potasa por el azufre, porque entonces se forma sulfato de potasa, y se desprende el deutóxido de azoe. En este último caso se advierte que bastará mezclar un gran esceso de azufre con el nitrato de potasa, para dar orígen al mismo tiempo al ácido sulfuroso y al deutóxido de ázoe, en proporciones convenientes.

169. Para completar lo concerniente á esta teoría, debemos añadir que Mr. Gay-Lussac ha presentado algunas dudas sobre el modo con que los elementos se hallan combinados en la suposicion que hemos adoptado. Ha observado que mezclando ácido sulfúrico ordinario con ácido nitroso, se reproducen repentinamente los cristales que se forman en la mezcla que hemos examinado anteriormente. Estos cristales tratados por el agua, dan ácido sulfúrico y ácido nitroso, empleando poca agua; ó bien empleando mucha cantidad, ácido sulfúri-

co, ácido nítrico y doutóxido de azoe, en virtud de la descomposicion que el ácido nitroso esperimenta de parte del agua. Ha observado ademas, que si se hace el vacío en el balon que contiene los cristales obtenidos por el procedimiento de M. Clement, y despues de haberle llenado de ácido carbónico, y hecho pasar un poco de agua, se producen vapores rojos, cargándose el agua de ácido sulfúrico, como de ordinario.

De estos esperimentos es necesario concluir: 1.° Que los cristales obtenidos están formados de ácido sulfúrico y de ácido nitroso. 2.° Que el ácido sulfuroso pasa al estado de ácido sulfúrico á espensas del oxígeno libre, no tomando nada del que contiene el ácido nitroso. 3.° Que los cristales al descomponerse por el agua, comunican á esta no solamente ácido sulfúrico, sino tambien ácido nítrico, sobre todo cuando se opera en grande, ó las masas de agua son considerables. Por lo tanto, segun los hechos observados por Mr. Gay-Lussac, será necesario que el resíduo sea de ácido nitroso, y entonces el agua no contendrá sino ácido sulfúrico; ó bien que estando formado el resíduo de deutóxido de azoe, el agua se halle cargada al mismo tiempo de ácido sulfúrico y de ácido nítrico. La esperiencia diaria de los fabricantes, confirma esta última consecuencia, porque el resíduo se compone siempre de deutóxido de azoe, cuando falta el aire en el aparato, y ademas el agua de condensacion contiene cantidades bien notables de ácido nítrico.

Sea como quiera, como los hechos observados por M. Gay-Lussac son muy exactos, es necesario si se admite la teoría de M. Clement espuesta anteriormente, suponer que los fenómenos pueden sufrir algunas modificaciones en circunstancias que no conocemos enteramente todavia. Siguiendo las teo-

rias de M Clement y de Gay-Lussac en sus últimas consecuencias, y teniendo cuenta de la gran cantidad de agua que se halla en los aparatos, se llegará á este resultado, que segun M. Clement, reproduciéndose siempre el deutóxido de azoe, podrá trasformar en ácido sulfúrico una cantidad infinita de ácido sulfuroso, mientras que segun Gay-Lussac, estando descompuesto el ácido nitroso en ácido nítrico y en deutóxido de azoe, este último concluirá por desaparecer enteramente y cesará la conversion del ácido sulfuroso. Mas adelente volveremos á tratar esta cuestion.

170. *Construccion de las cámaras de plomo.*—Ya hemos hecho observar anteriormente que los químicos antiguos fabricaban su ácido en balones de vidrio. La introduccion de las cámaras de plomo con que fueron reemplazados, hizo una revolucion completa y feliz en este arte. Despues de esta época, se ha tratado de sustituir al plomo láminas de vidrio y ladrillos barnizados; pero todas las modificaciones propuestas han tenido mal éxito. Las cámaras de plomo han sido preferidas á pesar de lo considerable de su valor, y de la pronta degradacion que desgraciadamente sufren. M. Chaptal ensayó hace mucho tiempo el cubrir lo interior de una cámara de fábrica ordinaria de un mastique resinoso, formado de partes iguales de resina, cera y trementina, aplicado cuando estaba hirbiendo; pero este ensayo no tuvo buen éxito; habiendo sido sin duda el mastique atacado por el ácido, el techo de la cámara se desplomó repentinamente al cabo de 18 meses de trabajo. Es probable por lo tanto, que se llegue algun dia á resolver este problema, pero pocos fabricantes se espondrán á ejecutar el ensayo en grande, y para hacerle en pequeño, será necesario intentarlo en una fábrica que se halle en actividad, á fin de que las materias sean sometidas á todas las alternativas

de temperatura, y á la accion de todas las sustancias que se suceden durante el curso de la fabricacion. Aplicando en caliente sobre piedras ordinarias mastiques de diversas naturalezas, segun los procedimientos de los señores Thenard y D'Arcet, y abandonando estas en las cámaras en actividad durante algun tiempo, puede esperarse que tal vez llegará á resolverse esta cuestion. Es probable que entre el gran número de materias grasas y resinosas que se conocen, se encuentre alguna que reuna las condiciones necesarias; no se concibe qué peligro podria haber en una cámara cuyo suelo y techo fueran de plomo, y los costados estuvieran revestidos interiormente de una clase de ladrillos enlodados en caliente de un mastique inatacable por el ácido.

171. Volviendo á las cámaras de plomo, su nombre esplica bastante su forma general. Estas son en efecto grandes vasijas de forma rectangular, cuyo fondo descansa sobre una losa de piedra provista de seis pies, y cuyos costados y techo aislados por todas partes, sostenidos por una armadura esterior, se hallan á seis pies de las paredes del edificio como tambien de su tejado. Las láminas de plomo que contienen estos vasos, se hallan cuidadosamente soldadas entre sí, y cuando se advierte alguna rotura, el aislamiento del aparato permite remediarla con facilidad. Las disposiciones que se dan á las láminas de plomo que constituyen la cámara, pueden reducirse á dos principales; cada una de ellas tiene sus inconvenientes y ventajas, de modo que seria muy dificil hacer una eleccion acertada entre las dos.

172. La primera que ha sido empleada casi siempre en Francia, consiste en reunir las láminas de plomo que forman las paredes y el fondo de la caja, empleando el borde de cada una de ellas de manera que produzcan una ranura cónica de

5 centímetros (2,08 pulgadas) de ancha y 5 de profundidad; para ensamblar las junturas, se raspa con un hierro la superficie interior de la ranura, y se hace correr una soldadura compuesta de una parte de estaño puro y dos de plomo. Las pestañas de plomo que forman las paredes, estan sostenidas por una armadura ajustada de manera, que las ranuras se hallan encajadas en ella. El mismo sistema se sigue para unir el techo ó parte superior de la caja, á escepcion de que las pestañas de plomo que le componen solapan sobre sus bordes de 16 á 18 centímetros (de 6,65 á 6,82 pulgadas); á fin de producir asi un reborde ancho que pueda cerrarse por la parte esterior entre dos piezas de madera cuya longitud sea igual al ancho de la cámara. Estas dos pestañas de plomo rebatidas sobre las piezas de madera, dejan entre sí una ranura cónica que se llena de la misma soldadura. Esta construccion es como se advierte, sólida y facil de ejecutar; pero es costosa en razon de la gran cantidad de soldadura y del mucho trabajo que exige.

173. El otro método que se ha empleado largo tiempo en Inglaterra, y que hace poco se ha introducido en Francia, difiere del procedente en que la soldadura de las pestañas de plomo entre sí, se hace por medio de la *soldadura inglesa.* Las pestañas de plomo se raspan en sus bordes y en toda su longitud, y sobre un ancho de 4 centímetros (1,64 pulg.); se sobreponen horizontalmente las dos pestañas que se hallan próximas, poniendo en contacto las partes raspadas; en seguida se hace correr entre las dos un poco de estaño puro, del cual se desaloja la mayor parte por una presion fuerte. Estas pestañas forman por decirlo asi, despues de unidas, una sola lámina grande sin punto de apoyo para la armadura; asi, es preciso sostener el techo de la cámara y sus pa-

redes laterales por medio de numerosas grapas de plomo aseguradas sobre la misma cámara, que abrazan una de las piezas de madera de la armadura esterior. Este modo de construir es económico y sólido, cuando la soldadura está bien hecha; pero si no se ha tenido cuidado de desalojar bien la mayor parte del estaño que ha corrido entre los bordes de las pestañas de plomo, el ácido sulfúrico ataca tan fácilmente á este metal, que no tardará en disolverle, y de aqui provendrán rendijas mas ó menos numerosas por donde se escapará el ácido.

Esta advertencia nos conduce á recordar la necesidad que hay de construir las cámaras de tal modo que se hallen aisladas por todos sus costados y espuestas á la luz por todas partes á fin de poderlas examinar. Siendo el edificio donde se hallan estas cámaras construido las mas veces á propósito, seria una falta muy grave no asegurar por todos los medios la observacion sobre su estado, para poder reparar con facilidad todas las pérdidas que se adviertan, ya sea por mala construccion, ya por deterioros, ó ya en fin, lo que es demasiado frecuente, por defectos ó descuidos al soldar las pestañas de plomo, ó que un choque ligero suele algunas veces ocasionar.

171. En toda cámara de plomo se obtiene el ácido sulfúrico, pero existen sin duda proporciones mas ó menos ventajosas; por que unas cámaras en un tiempo determinado, condensarán todo el gas, mientras otras en el mismo, dejarán perder una cantidad mas ó menos notable. No se pueden calcular muy bien sus dimensiones, y no poseyendo mas que una cámara, la mayor parte de los fabricantes no pueden con facilidad formarse una idea exacta de las ventajas ó inconvenientes que resultan de las proporciones que han adoptado.

Asi se hallan con frecuencia cámaras de todos tamaños.

Sin embargo, en Francia se tiene por la mas á propósito, una capacidad de 5000 pies cúbicos en las mas pequeñas y 10000 en las de mayor cabida: en algunas fábricas de Inglaterra se construyen cámaras de 100000 pies cúbicos, y en otros por el contrario prefieren construir cierto número de ellas, cuya capacidad es de 1500 á 2000 pies cúbicos solamente. En el dia permanece la misma incertidumbre; algunos fabricantes consideran como mas á propósito una sola cámara de 20000 pies cúbicos, y otros por el contrario, prefieren dividir esta capacidad en muchas cámaras sucesivas, como veremos mas adelante.

Es evidente que no se llegará jamás á reducir con ventaja todas las cámaras á una dimension igual y absoluta. Es necesario tener en consideracion la cantidad de ácido que se pueda fabricar, el precio á que se puede espender, y todas las demas consideraciones puramente comerciales, que en muchos casos pueden anular los inconvenientes ó las ventajas que resultan de las dimensiones. Sin embargo, no será inútil el conocer con exactitud las dimensiones mas favorables á la completa condensacion del gás, en algunos casos determinados. Es positivo que la mayor parte de las fábricas estan bien distantes de obtener todo el ácido posible, á pesar de aproximarse mucho mas que otras veces. Esto no puede atribuirse á otra causa que á un vicio en las proporciones de la cámara, por que el ácido una vez condensado, no puede perderse durante el curso de las operaciones sucesivas.

175. *Combustion del azufre en las cámaras.*—En la época que tuvo principio la fabricacion del ácido sulfúrico por el procedimiento de Lefebre y Lémery, se operaba como ya hemos dicho en vasos de vidrio, y la fabricacion se ejecutaba del modo siguiente: Se empleaban unos balones de vidrio de

cuello largo, y de una dimension enorme: se asegura que su capacidad solia llegar hasta 300 litros (23963,100 pul. cúb.) Echaban agua en estos balones, que colocaban en dos filas sobre un baño largo de arena quedando sus cuellos fuera. En cada cuello que estaba poco mas ó menos horizontal, habia un ladrillo, y sobre éste colocaba un obrero una cuchara de hierro enrojecida por el fuego, y la llenaba de una mezcla de azufre y nitrato de potasa: tapaba el cuello por medio de un tapon de madera, pasaba en seguida al balon siguiente, y sucesivamente en los demas practicaba la misma operacion. Cuando concluia el último balon del aparato, la condensacion se hallaba terminada en el primero y bastaba entonces quitar la cuchara y reemplazarla por otra cargada en los mismos términos, y asi sucesivamente en los demas balones.

Mientras se limitaron al empleo de los vasos de vidrio, este procedimiento fué poco susceptible de mejoras, porque todas sus partes estaban bien combinadas.

176. Este mecanismo se reservó, por decirlo asi, cuando se imaginó la sustitucion de las cámaras de plomo á los vasos de vidrio, los cuales aunque de un tamaño enorme, debian ser necesariamente demasiado limitados para la operacion en grande. Es muy raro que en las invenciones humanas no se conserve algun rasgo que nos revele su orígen, y que solo el tiempo pueda destruir. Las cámaras de plomo fueron desde luego construidas de unas dimensiones pequeñas; poco á poco fueron aumentando estas, hasta llegar de cinco á diez mil pies cúbicos, como ya hemos dicho. Estas cámaras hacen las mismas funciones del balon. Se coloca sobre su suelo una capa de agua de algunas pulgadas; en uno de sus costados hay practicada una abertura que reemplaza el cuello del balon y que se abre y cierra segun conviene por medio de una puerta decorre-

dera. Por esta abertura se introduce en la cámara un carrito de hierro que lleva una ó muchas cápsulas de fundicion, llenas de una mezcla encendida de azufre y nitrato de potasa, empleando este último en la proporcion de 12, 15 y aun 20 por 100. Cuando la combustion ha terminado, y el ácido está suficientemente condensado en el agua que cubre el fondo de la cámara, se abre la puerta por donde se introdujo el carro, y se retira este para vaciar el resíduo; se pone una nueva mezcla, se vuelve á introducir el carro y la operacion empieza de nuevo. En algunas fábricas en vez de poner el agua sobre el suelo de la cámara, prefieren rociar de tiempo en tiempo las paredes de esta por medio de una bomba. El ácido obtenido en la cámara marca 40 ó 50° del areómetro de Beaumé; se hace evaporar en vasijas de plomo, hasta que llega á los 60°, y en seguida se concentra en retortas de vidrio colocadas en dos líneas que cada una contiene veinte ó cuarenta en un mismo baño de arena, que se calienta por un solo fogon en toda su longitud. La concentracion llega ordinariamente hasta los 66°. Los fabricantes mas instruidos obtienen algunas veces 200 partes de ácido por 100 del azufre empleado; pero lo mas general es obtener 150 al poco mas ó menos por 100 de azufre. Luego 100 partes de azufre deberian producir al menos 306, porque suponiendo el ácido á 66° como ofrece la combinacion pura de agua y ácido sulfúrico en proporciones fijas, se halla que este ácido se compone de

Azufre....................	100
Oxígeno..................	150
Agua	56
	306

lo que da 306 despreciando las fracciones. A esto debe añadirse todavia, segun Parker, 12 partes de agua, lo que hará en la totalidad 318 de ácido á 66°, ó 1,84 de densidad.

En el estado actual de la fabricacion se sacan todavia mas ventajas; pero sin embargo, la mayor parte de los fabricantes solo obtienen poco mas de 250 á 260 de ácido á 66°, por 100 de azufre. Esta pérdida es debida sin duda á causas muy delicadas y ligeras, porque de lo contrario hubiera sido evitada hace mucho tiempo por las personas generalmente instruidas, que se han dedicado á este género de fabricacion.

177. En las fábricas actuales se siguen dos procedimientos; el uno muy antiguo, está caracterizado porque la combustion se opera en vasos cerrados. Este es como se advierte el procedimiento de los balones, el de las cámaras de carro, y en fin el de algunas cámaras modernas, en las que el carro ha sido reemplazado por un horno fijo. El otro mas reciente fué indicado y ensayado en 1774 por un fabricante de indianas de Ruan, que introdujo las cámaras de plomo en Francia. Este se diferencia esencialmente del anterior, en que la cámara no está cerrada, y en que una chimenea que hay practicada en ella, mantiene una corriente contínua. Este procedimiento, aunque muy ingenioso, fué mal acogido en su orígen, y su éxito es debido à M. Chaptal. Describiremos el uno y el otro.

178. Entre los procedimientos actuales el mas antiguo es conocido bajo el nombre de *método de combustiones intermitentes*. En efecto, este no es como ya hemos dicho, sino una ligera modificacion del procedimiento de carro. En vez de introducir de tiempo en tiempo una cápsula cargada de azufre inflamado, se dispone en el interior de la cámara un horno sobre el cual se hallan colocadas unas calderas de fundicion, anchas,

aplanadas, y con los bordes muy estrechos llamadas *páteras*. Se cargan de una mezcla de azufre y nitro, ó bien de azufre solamente, cuando se pone en la cámara deutóxido de azoe mediante el ácido nítrico y una materia vegetal. Cuando el azufre se ha quemado y la cámara se halla llena de ácido sulfuroso, se hace llegar vapor de agua en cantidad determinada por medio de una pequeña caldera de vapor, entrando en la cámara el vapor bajo una presion un poco fuerte, se precipita con bastante rapidez para poder establecer en los gases un movimiento tumultuoso que favorece su combinacion. Al condensarse el vapor arrastra al ácido sulfuroso, y se produce en la cámara un vacío; pero por medio de las válvulas puede penetrar el aire esterior. Al cabo de algunas horas la condensacion se halla terminada, la atmósfera de la camara se renueva por las válvulas, y se da principio á una nueva operacion. En estas fábricas se obtiene el ácido á 45 ó 50° de Baumé.

179. Pasemos á la esplicacion detallada de este procedimiento, tal cual ella ha sido ejecutada por M. Payen.

Supongamos que se trata de aplicar á una cámara A (Lámina 7, fig 3.) de una capacidad de 20,000 pies cúbicos. La esperiencia manifiesta que las dimensiones mas favorables serán 50 pies de longitud, 27 de ancho y 15 de profundidad. La aplicacion de este procedimiento puede hacerse en todas las cámaras. Entretanto, las observaciones practicadas con el mayor cuidado han demostrado que el éxito es mas seguro cuando las dimensiones son proporcionales ó iguales á estas. Un cilindro de plomo B, de 8 pies de diámetro y 6 de alto, penetra por el suelo de la cámara C C, como unas diez pulgadas y en uno de los estremos de la cámara. Este cilindro, en su parte inferior D D, vuelve sus bordes hácia adentro, formando una canal E E, concéntrica al cilindro, en la cual se

mantiene un nivel constante de ácido G G, para evitar que el plomo no se caliente demasiado y aprovechar el calor que concentra contínuamente el ácido que pasa por ella; el todo del cilindro apoya sobre una fábrica de ladrillo H, en medio de la cual se coloca una especie de hortera de fundicion K, ligeramente cóncava y de unos 3 pies y 4 pulgadas de diámetro, de una pulgada de grueso, y con un reborde de 3 pulgadas. Debajo hay un fogon L L que debe calentar toda la superficie de su fondo. Al nivel de los bordes de esta hortera, se practica en el cilindro de plomo una puerta M, de 2 pies de alto sobre 18 pulgadas de ancho, atravesada en su parte interior por un agugero N, de una pulgada de diámetro; en el otro estremo de la cámara hay dos válvulas P de 18 pulgadas cuadradas, y sobre ellas dos chimeneas de madera Q, bastante elevadas para determinar una corriente poderosa; estas deben tener á lo menos 15 pies de alto. Para empezar el trabajo, se cierran la puerta y las válvulas, se enciende el fuego debajo de la hortera, y cuando esta se halla bastante caliente para que el azufre se inflame al momento, se carga de esta materia; se emplean por lo comun 50 kilógramas (108,772 libras) en cada operacion. Al mismo tiempo se coloca en una cápsula de platino R sostenida por un tres pies de hierro, 4 kilógramos y 300 gramas de ácido nítrico (9,0236 libras) y 500 gramas (10015 granos) de melaza mezcladas; el deutóxido de azoe que se desprende de ellas con abundancia se vierte en seguida sobre el azufre en combustion, y se une prontamente al gas sulfuroso: este desprendimiento continúa hasta que se ha producido todo el gas nitroso; entonces se estrae el ácido sálico de los resíduos. Cerca de dos horas despues de haber empezado la combustion del azufre, se abre la llave de la caldera de vapor S, cuyo tubo entra por medio de la cámara; este tuvo T, tiene una pulgada

de diámetro, y su orificio U, que entra en la cámara está reducido á seis líneas para que el vapor esperimente mayor presion á la salida: esta inyeccion debe durar hasta que se haya introducido todo el vapor necesario para la absorcion del ácido. Esta cantidad asciende á 50 kilógramas (108,672 libras) por cada operacion; la superficie de la caldera que debe producir el vapor es de 5 pies cuadrados. Algunos minutos despues que ha empezado la introducion del vapor en la cámara se advierte una condensacion: entonces es necesario destapar el pequeño agugero N, practicado en la puerta del cilindro, á fin de dar entrada al aire atmosférico. La combustion del azufre y el desprendimiento de gas nitroso concluyen lo menos una hora antes que la inyeccion del vapor se haya terminado: concluida esta á su vez, se deja efectuar la condensacion de los vapores, estando todo cerrado. En fin, cuando la condensacion ha concluido, se abren la puerta del cilindro y las dos válvulas á fin de renovar el aire en lo interior de la cámara lo mas completamente posible, y empezar otra operacion.

Pueden practicarse hasta cuatro en cada 24 horas; pero esto es muy dificil en un trabajo continuado: es mas facil hacer tres solamente, y aun para obtener mas productos, evitar una vigilancia tan contínua y estar sujeto á menos accidentes, es preferible no hacer sino dos; la condensacion es mas perfecta y el plomo de la cámara esperimentando en sus dilataciones menos diferencia, no se destruye tan fácilmente.

Todo el fondo de la cámara debe hallarse constantemente cubierto de una capa de líquido. Como este fondo tiene una pendiente de 18 centímetros (6,82 pulgadas), esta capa V V debe tener en una estremidad 22 centímetros (8,46 pulgadas) de espesor, y 4 centímetros (1,64 pulgadas) en la otra; no debe por lo tanto estraerse cada dia sino la cantidad esceden-

te de este nivel. El ácido que se obtiene de esta manera diariamente debe marcar al poco mas ó menos 40° del areómetro de Beaumé; puede hacérsele pasar de este grado, y algunos fabricantes lo hacen con el designio de economizar el combustible indispensable para la condensacion; pero obtienen una cantidad mas pequeña de ácido, y si han elevado en la cámara su grado hasta 50° ó mas, el ácido absorve con esta pesantez específica una parte de ácido nitroso, que es dificil separarle por la concentracion; estos inconvenientes superan con mucho á los gastos de evaporacion que se quieren evitar.

El ácido sulfúrico obtenido por el procedimiento que acabamos de indicar, no contiene apenas sulfato de cal, porque toda el agua necesaria es suministrada por el vapor, y de consiguiente destilada.

Este procedimiento seguido con cuidado, permite realizar hasta 300 partes de ácido á 66° por ciento de azufre. Aun suponiendo algo de exageracion en este resultado, hay un fabricante que posee un establecimiento construido segun estas indicaciones, y ha encontrado una ventaja notable en su nueva cámara sobre la antigua á quien ha reemplazado.

180. Una parte de la fabricacion que puede dar lugar á varios accidentes es la destruccion del ácido nitroso por medio de su trasformacion en ácido nítrico. Ya veremos mas adelante que el ácido nitroso puesto en contacto con el agua y un esceso de aire, esperimenta esta modificacion de una manera completa.

El agua le descompone en ácido nítrico y deutóxido de azoe. Siendo éste gaseoso se desprende, encuentra el aire, pasa al estado de ácido nitroso que obra de nuevo sobre el agua y asi sucesivamente. Bien se echa de ver que si el agua de las cámaras pudiera producir este efecto, apenas se for-

maria ácido sulfúrico hallándose destruido todo el ácido nitroso desde el principio de la condensacion. Pero si el agua pura produce esta trasformacion, el agua cargada de ácido sulfúrico no parece á propósito para efectuarla. Esta es la causa porque se hacé necesario el dejar siempre en la cámara una cantidad de ácido á 12 ó 15° lo menos. Si se hiciera uso del agua pura se obtendria á no dudarlo una cantidad insignificante de ácido sulfúrico. Esto mismo sucederá proyectando el vapor en la cámara con demasiada rapidez, é inyectando una cantidad demasiado grande relativamente á los gases. Estos efectos prácticos se comprenden mejor en la teoria de M. Gay-Lussac que en la de M. Clement, porque este último no admite el ácido nitroso, si no al estado de gas en la cámara, mientras que Gay-Lussac le considera como haciendo realmente parte de los cristales descompuestos por el agua. De esta manera el ácido nitroso estará necesariamente en contacto con el agua, mientras que en el caso precedente, este contacto no será sino accidental (169). Por lo demas en una y otra hipótesis, el hecho será esplicable y el modo de remediar los inconvenientes el mismo.

Cuando hay necesidad de apurar todo el ácido que cubre el fondo de la cámara para hacer reparaciones ó por otro motivo, es necesario antes de dar principio á nuevas operaciones, cubrir el fondo de la cámara con ácido debilitado á unos 10 ó 12 grados del areómetro de Beaumé, descuidando esta precaucion, dejando sin agua el fondo ó introduciendo solamente agua pura, hay esposicion de obtener poco ó ningun producto; muchos fabricantes por haber faltado á este punto han malogrado completamente el ensayo de procedimientos, que sin esta falta hubieran podido dar buenos resultados.

181. La economía del ácido nitroso es ciertamente uno de los puntos mas esenciales de esta fabricacion, asi que en estos últimos tiempos los antiguos procedimientos han esperimentado grandes modificaciones.

Antiguamente se mezclaba con poco esmero el azufre con 12 ó 15 partes por 100 de nitrato de potasa; se colocaba esta mezcla en las páteras, y se esparcian sobre la masa total algunas porciones de la mezcla inflamada al principio de la operacion. De este modo se obtenia por resíduo sulfato de potasa, gas sulfuroso y deutóxido de azoe.

Mas adelante juzgaron conveniente tratar el almidon ó la melaza por el ácido nítrico en un balon distinto; introducian el deutóxido de azoe en la cámara por medio de un tubo, al mismo tiempo que sobre las placas de fundicion se quemaba el azufre puro. El producto de esta operacion era gas sulfuroso, deutóxido de azoe y ácido oxálico. Advirtieron que la mezcla de los gases no se efectuaba bien, y entonces los señores Payen y Cartier operaron la reaccion del ácido nítrico sobre el almidon en cápsulas de platino, en medio del azufre inflamado. Pero ha sido muy dificil generalizar el uso de este procedimiento. La salida del ácido oxálico en Francia es casi nula; los ingleses por otra parte, pueden suministrarle á un precio demasiado bajo para que los demas fabricantes se hallen en estado de sostener la concurrencia. El interés de esta fabricacion es demasiado insignificante para compensar las pérdidas que ocasiona en ella el ácido nítrico. Como la reaccion es muy activa, una parte pasa al estado de protóxido de azoe y aun de azoe, cuyos gases se pierden para la fabricacion del ácido sulfúrico.

Para evitar esta pérdida y hacer al mismo tiempo el desprendimiento del ácido nitroso independiente del que se pro-

duce del ácido sulfuroso, segun le convenga al fabricante, se emplea generalmente un medio muy sencillo, fundado sobre una reaccion de otro género. El gas sulfuroso y el ácido nítrico en vapores se trasforman en ácido sulfúrico y nitroso en el momento de la mezcla, y reproducen precisamente el compuesto cristalino de que ya hemos hablado. Basta, pues, hacer llegar el ácido nítrico en vapor en medio del gas sulfuroso. Esto se consigue colocando sobre la pátera donde se opera la combustion del azufre, una caldera pequeña que contiene una mezcla de nitrato de potasa y ácido sulfúrico. El ácido nítrico en vapor encuentra al ácido sulfuroso, le trasforma en ácido sulfúrico, pasa el mismo al estado de ácido nitroso, se forman los cristales, son descompuestos por el agua, etc.

En todos estos procedimientos es necesario tener siempre cuidado de producir el gas sulfuroso algun tiempo antes de hacer desprender el deutóxido de azoe, el ácido nitroso ó los vapores nítricos, y continuar la produccion de estos algun tiempo despues que el azufre haya terminado su combustion si la cámara es intermitente.

182. En el sistema adoptado por M. Chaptal, y que se conoce bajo el nombre de *método de combustion contínua*, se construye fuera de la cámara un horno en el cual se efectua la combustion del azufre. El gas sulfuroso se dirige á la cámara por el intermedio de un cañon corto de chimenea; y para determinar la corriente, se construye en el ángulo opuesto de esta una chimenea que permanece siempre abierta, ó bien se dispone el horno de manera que caliente una placa de fundicion situada en lo interior, y en uno de los ángulos de la cámara, un poco mas alta del nivel del suelo. Una puerta de corredera colocada delante de la placa, permite cargar y des-

cargar segun conviene, y un pequeño agujero que atraviesa la puerta á unas dos pulgadas sobre el nivel del azufre suministra el aire necesario para su combustion. El fondo de la cámara está cubierto de agua que sirve para condensar el ácido snlfúrico y para determinar su formacion. Este procedimiento ofrece grandes ventajas, en razon de la continuidad del trabajo que no debe ser jamas interrumpido. Asi que el ácido marca 40 ó 45° de Beaume, se estrae una cantidad de él y se reemplaza por otra equivalente de agua. No se puede concentrar el ácido á mas de los 45° de Beaume sin perjudicar á la condensacion. Siendo la combustion contínua, puede quemarse en una cámara de dimensiones determinadas mas cantidad de azufre que en una cámara igual de combustion intermitente. Esta ventaja está contrarestada á la verdad, no empleando sino una sola cámara, por la pérdida de ácido sulfuroso y sulfúrico que el tiro ocasiona sin cesar. Asi se obtiene menos ácido sulfúrico por este procedimiento que por el otro. Se presentan ademas graves inconvenientes que pueden sin embargo corregirse por un horno bien construido al efecto; pero esto no se puede garantizar de una manera absoluta. Si se eleva demasiado la temperatura de la placa, la mayor parte del azufre se volatilizará sin quemarse, y volverá á caer en forma de flores en el líquido de la cámara. Lo mismo sucederá si no se calienta lo suficiente para que el azufre se inflame en el momento. Estas suposiciones exageradas no se realizan jamas; pero alguna cosa semejante debe presentarse alguna que otra vez. Los medios de calentar las placas son por su naturaleza susceptibles de variacion, y la combustion del azufre ó de la mezcla puede ocasionar una elevacion variable de temperatura de un instante á otro. En fin, si hallándose demasiado fuerte el calor de las placas se quiere evitar la subli-

macion del azufre, será necesario activar el tiro, lo que dará lugar necesariamente á una pérdida considerable de ácido sulfuroso y de acido nitroso, de suerte que una parte de gas sulfuroso se escapará y la otra privada de una porcion de ácido nitroso, no esperimentará sino una condensacion muy imperfecta. Estas observaciones esplican como M. Chaptal ha podide, exagerando todos los defectos de sus hornos, obtener á voluntad suya en sus cámaras azufre en flores ó ácido sulfuroso, mientras que con un horno bien arreglado no obtenia sino ácido sulfúrico.

Esta volatilizacion del azufre es un defecto grave. Tambien se presenta en las cámaras intermitentes, y el único remedio que se puede indicar para evitarle, reposa desgraciadamente sobre una base incierta en la aplicacion. Este es una combustion conducida con inteligencia, lo cual depende absolutamente de la práctica y cuidado del obrero que vela sobre ella. Pero una vez que el accidente se efectúe puede muy bien corregirse. Para ello basta dejar reposar el ácido, clarificarle, y el azufre separado lavarle en cajas de plomo y en seguida secarle al aire. Este azufre vuelve á esperimentar la combustion, y las aguas de lavadura á la cámara.

183. La presencia del azufre en el ácido ocasionará grandes pérdidas no teniendo el cuidado de separarle por el reposo, y si se prueba á concentrarlo hasta cierto punto. Durante la concentracion el azufre reaccionará sobre el ácido sulfúrico y pasará al estado de gas sulfuroso, volviendo el mismo á este estado. Se observa ademas de esto, que 100 partes de azufre pueden descomponer 612 de ácido sulfúrico á 66°, de suerte, que añadiendo á este último el que las 100 partes de azufre pueden producir, será la pérdida de 918 partes de ácido concentrado á 66°. No estará de mas llamar la

atencion de los fabricantes sobre este punto, si como lo asegura M. Kulhman, hay algunos que evaporan su ácido sin separarle el azufre.

Este químico ha observado algunos ácidos de un color lechoso por el azufre muy dividido, que no se aclaraban por el reposo. Es evidente que en semejante caso será indispensable recurrir á la filtracion sobre algunas capas de arena; pero en todas las fábricas que he visitado, el ácido estaba claro y el azufre bien reunido en el fondo de las cámaras. Estas variaciones pueden entenderse bien, atendiendo al estado de division en que se halla el azufre. Pero en resúmen, es necesario evitar la sublimacion del azufre, si es posible, y cuando no se puede impedir, estraer este por el reposo ó la filtracion, son las únicas reglas que se pueden observar en este caso.

184. Estos inconvenientes han hecho el empleo de la combustion contínua muy incierto, y aun puede decirse que ha tenido mal éxito en las manos de todos los fabricantes que han ensayado la aplicacion á una cámara única. Efectivamente, dos cosas son de temer en este sistema, la primera se refiere á la combustion. Estudiando con cuidado las circunstancias locales, podrá siempre regularizarse al poco mas ó menos. La segunda es relativa á la condensacion. Es facil observar que esta no se puede ejecutar convenientemente cuando el ácido de la cámara está ya muy cargado, y que por lo tanto, no puede mantenerse muy débil constantemente. La teoría indica aqui, que será necesario hacer pasar los gases á un tubo inclinado de una gran longitud, y dirigir en sentido contrario una corriente de agua muy lenta, de tal suerte que los gases á su entrada se pongan en contacto con el ácido á 50°, y á su salida ó cerca de esta, con el agua pura ó casi pura.

Despues de algunos años, muchos fabricantes han hecho uso de un aparato igual al poco mas ó menos, pero ninguno de ellos ha hecho conocer ni su principio ni los detalles. Los señores Payen y Cartier han publicado un procedimiento de este género, que ha producido muy buen éxito. (Anales de la indust. t. I.) Por el obtienen cuando menos 300 de ácido por 100 de azufre, lo que manifiesta que la pérdida no es mayor que en las cámaras intermitentes. Este aparato se compone de un horno de combustion, que comunica con una primera cámara; y esta envia sus gases á otra segunda que desemboca en la tercera, ésta en la cuarta cuando sea necesaria. La chimenea no está en la última cámara sino bastante lejos, y la comunicacion se establece por un canal construido bajo una pendiente suave. En la primera cámara se mantiene el ácido á 48 ó 50°, en la segunda á 38 ó 40°, y en la tercera á 15 ó 18°. El suelo de las diferentes cámaras se eleva sucesivamente, de tal suerte que puede por medio de sifones pasar el ácido de la segunda á la primera, de la tercera á la segunda y asi en las demas, á medida que se estrae de la primera el ácido que va produciendo la operacion. Ademas se inyecta constantemente vapor en el último conducto, y de tiempo en tiempo en cada una de las cámaras para facilitar la condensacion.

Comparando este último aparato con el de combustion intermitente, es facil advertir que ofrece grandes ventajas. Cada una de las cámaras se mantiene á una temperatura casi uniforme, lo que evita las alteraciones producidas en las láminas de plomo, por las dilataciones y contracciones demasiado frecuentes y repentinas. Las páteras se destruyen tambien mucho menos por la misma razon. La cantidad de ácido obtenido es cerca de una tercera parte mayor en un tiempo determi-

nado, y siendo las cámaras iguales en capacidad. La elaboracion es una mitad menos costosa, y el gasto del combustible se reduce á $\frac{9}{10}$. Efectivamente, la pátera no se calienta sino al principio de la operacion. Una vez inflamado el azufre, la combustion continúa por sí misma. La dósis de nitro empleado solo es de 8 por 100.

Por lo demas, es bastante facil el combinar los dos sistemas y hacer las cámaras intermitentes, conservando en todo la disposicion que acabamos de describir, segun los señores Payen y Cartier. Para esto basta suprimir poco á poco, como ellos lo indican, la llegada del aire al horno de combustion, hasta interceptarle del todo, continuar por el contrario lanzando vapor, y renovar el aire de las cámaras cuando ha terminado la combustion.

185. *Concentracion del ácido sulfúrico.* — No pudiendo obtenerse el ácido de las cámaras de plomo sino á un grado variable entre 40 y 50°, es necesario concentrarle para poderle dar el nombre de 66° que el comercio exige ordinariamente. Es preciso advertir que la mayor parte de las operaciones que exigen el empleo del ácido sulfuroso se atienden sin dificultad, con el que sale de las cámaras. Se ha introducido su empleo en un gran número de industrias, y los consumidores estan interesados en darles la preferencia siempre que las operaciones lo permitan, porque de este modo economizan los gastos de concentracion. Cuando un fabricante emplea el ácido sulfúrico á 50° ó algo menos, debe servirse del ácido de las cámaras, siempre que los gastos de trasporte no superen á la diferencia del precio.

186. El principal objeto de la concentracion consiste en despojar al ácido de las cámaras de la porcion de agua escedente. Esta operacion se divide en dos muy distintas: una

que puede ejecutarse en vasos de plomo, y otra que exige el empleo de vasos de vidrio ó de platino.

En los vasos de plomo el ácido no puede calentarse sino hasta cierto grado, porque llega una época en que el plomo puede ser atacado y aun fundido. Efectivamente, si el ácido débil tiene poca accion sobre el plomo, el ácido concentrado é hirviendo le trasforma en sulfato, pasando parte de él mismo al estado de ácido sulfuroso. Por otra parte, el ácido concentrado no hierve sino á 31° centígrado, y el plomo funde á 260° c. Luego como no se pueden calentar las últimas porciones de agua sin hacer hervir el ácido, es evidente que hay un límite, del cual no se puede pasar. Este límite varía un poco en las diversas fábricas, segun la mayor ó menor resolucion de los fabricantes. M. Chaptal concentró su ácido en las calderas de plomo hasta los 60° del areómetro; otros se limitan á los 55°, y los mas tímidos á 50°. Es necesario hacer una advertencia importante sobre este asunto, y es, que hácia los últimos grados de concentracion, el punto de ebullicion del ácido crece con una rapidez singular. El ácido á 15° de Beaumé hierve á 104° c., por ejemplo, y cuando marca 25° hierve á 108° c.; esta elevacion es de $\frac{4}{10}$ de grado centígrado por cada grado del areómetro. Pero el ácido á 50° de Beaumé hierve á 145° c., mientras que á 60° Beaumé no hierve sino á 195° c., lo que hace un aumento de 50° c. en el punto de ebullicion, ó de 5° c. por cada grado del areómetro; y en fin, para llegar á los términos relativos á la operacion que nos ocupa, observaremos que de 60° B. á 66° B. el punto de ebullicion crece de 195° c. á 310° c., lo que hace un aumento de 105° en el punto de ebullicion para cada 6° de Beaumé, ó bien 17°, 5 c. para un solo grado del areómetro. Asi, segun consideremos, el ácido en los diversos puntos

de la escala de concentracion, podemos hallar para cada grado de aumento de densidad, bien sea $\frac{4}{10}$ ó bien 5, ó 17 ó 18° de diferencia en el punto de ebullicion.

De esto se sigue evidentemente, que es necesario fijar la atencion todo lo posible, cuando la evaporacion se efectúa en vasos de plomo, porque puede hallarse en la apariencia muy lejos del punto de fusion de este metal, y estar descuidados mientras una elevacion de densidad poco notable, le hará llegar de repente á este punto y aun pasar de él. Felizmente, á este término las variaciones de densidad son lentas, el ácido retiene entonces tan fuertemente su agua, que es necesario mucho tiempo para que la pierda aun en pequeñas cantidades.

Nada hay por otra parte mas sencillo que esta evaporacion. Se ejecuta en calderas de plomo rectangulares, de ancha superficie y poco profundas; de suerte, que el ácido que se introduce no ocupe á lo mas sino un pie ó quince pulgadas de altura. Se carga el horno y desde que empiezan á desprenderse del líquido abundantes vapores, se tiene cuidado de mantener una temperatura igual. El ácido sulfuroso se desprende en su totalidad como tambien una parte del agua, y cuando el ácido ha llegado á 50, 55 ó 60° B, segun la marcha adoptada por el fabricante, se introduce en los aparatos de vidrio, de barro ó de platino para acabar la concentracion.

187. Los vasos de barro ó de vidrio, son unas retortas ordinarias de grandes dimensiones. Se disponen sobre un horno de galera, despues de haberlas enlodado con arcilla. Cada retorta debe contener 50 kilógramas de ácido (108, 772 libras), y pueden colocarse cien retortas en el mismo horno. Para evitar la violencia de la ebullicion en cada una de ellas se ponen fragmentos angulosos de vidrio, ó mas bien de platino. Como re-

gularmente se efectua la rotura de algunas retortas, es necesario disponerlas de tal modo que se hallen aisladas unas de otras, y que el ácido pueda correr á un recipiente de plomo colocado debajo del horno. Las retortas de vidrio pueden servir mas de una vez teniendo cuidado de separar las resentidas por el fuego, los golpes etc. El término medio para la duracion de cada retorta es de unas cinco destilaciones. Evaluando á 35 céntimos (1 real y 15 mrs.) el precio de cada retorta, se observa, que para 100 kilógramas (217,544 libras) de ácido concentrado, el coste de las retortas es de 70 céntimos (2 rs. y 30 mrs.); mas para que este sistema de concentracion pueda efectuarse bajo estas bases, es necesario estar próximos á una fábrica de vidrio que suministre esta sustancia de buena calidad y á un precio muy bajo. Los vidrios demasiado alcalinos no son á propósito porque son atacados por el ácido. Por lo demas, la carga y descarga de las retortas, ocasiona una operacion larga y penosa; el calentarlas y su enfriamiento causan una pérdida de combustible, circunstancias que se evitan por el empleo de un vaso evaporatorio de platino.

188. El empleo del platino se generalizaria, si el alto precio de este metal no detuviera á la mayor parte de los fabricantes, porque proporciona una sencillez en el trabajo y una celeridad que debe buscarse siempre en las operaciones industriales. En efecto, la caldera tiene la forma de una cucurvita ordinaria; debe contener estando llena hasta las dos terceras partes de su capacidad, la cuarta parte á lo mas de la fabricacion diaria, puesto que se hacen ordinariamente cuatro concentraciones al dia y que aun se pueden ejecutar, si el horno está construido convenientemente, seis y aun siete en caso de necesidad. Un capitel de platino igualmente, se adapta á la cucurvita y conduce los vapores desprendidos á un

serpentin de plomo donde se condensan; durante la destilacion el ácido es arrastrado en cantidad bastante grande para hacer necesaria la condensacion de los vapores, que repartidos además por el obrador ó fuera de él causarian incomodidades considerables.

189. Cuando el ácido ha llegado á 66° Beaumé, se estrae de la cucurvita por medio de un sifon de platino que está adaptado á ella; y como para evitar toda alteracion que pueda esperimentar el ácido se le introduce en vasos de barro, es necesario enfriarlo de paso. Para lograrlo se construye el brazo esterior del sifon un poco largo, de 2 metros (7,177 pies) poco mas ó menos; este brazo se envuelve con un doble tubo de cobre, por el cual se hace pasar una corriente contínua de agua fria. El ácido llega por este medio á la estremidad del sifon, bastante frio para no ocasionar la rotura de las vasijas de barro en que se recibe, en seguida se pasa á las damasjuanas de vidrio ó de barro, colocadas con paja en cestas á propósito, provistas de asas; en fin, se tapan con un tapon de barro, cuyos bordes se enlodan con tierra gredosa, que se sostiene por medio de un pedazo de tela embreada atado fuertemente, y de este modo se introduce en el comercio.

190. Una retorta de platino propia para destilar 150 kilógr. (326,316 libras) cada vez, cuesta actualmente 20,000 francos (75,294 rs.); suponiendo que no se hagan en ella sino cuatro operaciones al dia, el coste será de 50 céntimos (1 real y 30 mrs.) por cada 100 kilóg. de ácido (217,544 libras), y se reducirá á 30 cént. (1 real y 6 mrs.) si se hacen siete destilaciones, lo cual es muy posible en las 24 horas.

191. Para hacer estas operaciones mas numerosas todavia, ha inventado M. Breant un sifon que permite decantar el ácido con una velocidad cuatro veces mayor. Este nuevo sifon

que se halla representado en cortes longitudinales y trasversales en la figura 3, 4 y 5, lámina 6, está compuesto de un tubo A, colocado en la caldera de platino B, y ofrece al líquido una salida cuatro veces mayor que la de los sifones ordinarios. Este grueso tubo está encorbado y provisto de dos embudos C C, que se cierran segun conviene por medio de dos obturadores con espiga D D, por los cuales se llena el sifon.

La fig. 6 presenta en mayor escala uno de estos embudos con su obturador, un poco mas abajo del último embudo, se divide el tubo en otros cuatro E E E E, que presenta cada uno la cuarta parte de la capacidad total del tubo grueso, formándola por entero los cuatro reunidos.

Los cuatro tubos pequeños están colocados paralelamente en la mayor parte de su longitud, por medio de los ligamentos F F, se reunen de nuevo en su estremidad inferior formando un solo tubo G, del mismo diámetro qua el que se halla colocado en la caldera. A su estremidad se ajusta una llave como la de los antiguos sifones, pero con una abertura cuatro veces mayor. Un tubo de cobre H, que envuelve á los otros y está fijo en las estremidades J J del sifon, sirve para refrigerar el ácido durante su caida, ayudado de una corriente de agua que se dirige segun conviene por una llave K hácia la parte inferior, saliendo en la superior por L.

La corriente que efectua este sifon debe ser cuatro veces mayor en un tiempo dado, que en un sifon ordinario; la superficie refrigerante es proporcionada á esta corriente, es decir, que es tambien cuadruple de la de otros sifones; el descenso de temperatura del ácido debe ser el mismo; esto es evidente.

Se sabe que para vaciar un vaso de platino que contiene 150 kilógramas (326,316 libras) de ácido concentrado, es

necesario cerca de media hora, haciendo uso de un sifon de brazo sencillo. Por medio del nuevo aparato solo se emplean seis minutos á lo mas para cada decantacion. La economía de tiempo de 25 minutos, repetida siete veces al dia, equivale á cerca de tres horas, ó el tiempo necesario para una operacion que produce 150 kilógramas (326,316 libras) de ácido concentrado. De suerte, que el producto asciende de 1050 kilógramas (2284,212 libras) á 1200 (2610,528 libras) cada dia, lo que constituye un beneficio incontestable.

192. Durante esta última operacion, el ácido ha perdido toda el agua que el calor solo podia evaporar, el ácido nítrico, del cual estaba cargado en la cámara, y el ácido sulfuroso que podia contener; pero contiene todavia sulfato de plomo, persulfato de hierro, sulfato de potasa y sulfato de cal. Como estas sales no estan en abundancia, no se perjudican en nada á las operaciones de las artes; pero en muchos esperimentos ó analisis es necesario tener el ácido puro, y en este caso es indispensable destilarle. Para esto basta adaptar en el aparato que acabamos de describir un recipiente á los vasos y someterle al fuego cuando el ácido ha llegado á 66°.

Pero como esta operacion se ejecuta muchas mas veces en pequeño que en grande, se practica habitualmente en los laboratorios. Para esto se toma una retorta de vidrio, á la que se adapta un balon tubulado sin poner en sus junturas ni lodo ni tapon, que serian atacados por el ácido. Este se introduce en la retorta con algunos fragmentos de platino, y se calienta desde luego con suavidad, despues se aumenta el fuego hasta que el ácido se halla en completa ebullicion. A esta época es necesario sostener la temperatura sin forzarla demasiado, hasta que se haya terminado la destilacion. Si se quiere destilar una cantidad un poco grande, será necesario elegir una

retorta y un recipiente que tengan sus cuellos largos, para que los vapores ó el líquido condensado pueda enfriarse un poco antes de llegar al recipiente, que estará tambien rodeado de agua fria. Este podria romperse sin esta precaucion, que es siempre muy facil de realizar, interponiendo por ejemplo, un tubo de vidrio sin tapon ni lodo, entre la retorta y el balon. Bien entendido que el cuello de la retorta debe estar unido al tubo y este en el cuello del balon.

Los sulfatos quedan en la retorta, y si el licor no ha esperimentado grandes movimientos, el ácido destilado está perfectamente puro y es siempre incoloro.

193. *Usos del ácido sulfúrico.*—El ácido sulfúrico puro ó anhidro, no tiene hasta el presente empleo alguno en las artes.

El ácido sulfúrico de Nordhausen podria aplicarse á todos los usos del ácido ordinario, pero su elevado precio no permite emplearle en otra cosa que en la preparacion de las disoluciones de indigo. Para esto, en efecto, no puede reemplazarse sin pérdida por el ácido sulfúrico ordinario, porque 10 partes de ácido cristalino que como ácido sustituyen á 11 de ácido ordinario poco mas ó menos, equivalen á 15 de este mismo ácido, cuando se trata de disolver el indigo. Hay, pues, cuando se emplea este último $\frac{4}{15}$ de ácido introducidos de mas en la disolucion de indigo, y los colores que se quieren mezclar con este, se hallan enrojecidos por este ácido escedente. Seria muy conveniente para los tintoreros, que la fabricacion del ácido cristalino se estableciera en algunos puntos del reino.

El ácido sulfúrico ordinario tiene tantos empleos y tan importantes, que se le puede mirar como el modificador de todas las industrias químicas. Para detenernos en los principales, citaremos solamente la descomposicion de la sal marina

en sulfato de sosa, de donde se estrae la sosa artificial que sirve para fabricar el vidrio, los jabones, etc., y el ácido hidroclórico que se emplea tambien en una multitud de operaciones, y principalmente en la preparacion del cloro; la fabricacion del ácido nítrico, la del ácido acético puro y de la mayor parte de los ácidos conocidos, el refino del oro y la plata, la preparacion del alumbre, del sulfato de cobre y de sulfato de hierro artificiales. El blanqueo de las telas, la fabricacion del azúcar de remolacha, la tintorería y una multitud de artes colocan al ácido sulfúrico en el rango de sus agentes indispensables, aunque de un empleo secundario.

Esta reseña es suficiente para demostrar que este ácido penetra en todas las fábricas y hace un papel mas ó menos importante en el mayor número de las aplicaciones industriales. Todas las causas que tienden á disminuir su valor deben evitarse cuidadosamente, y hasta tal punto estamos penetrados de esta verdad, que no terminaremos este artículo sin consignar en él algunas reflexiones relativas á este objeto importante.

194. El arte de fabricar el ácido sulfúrico por el procedimiento actual, está bastante próximo á la perfeccion para no esperar una disminucion considerable en el precio del ácido por algunas modificaciones en los aparatos ó en su marcha. A esto contribuirá el precio de las materias primeras, para lo cual será preciso buscar los medios de mejora. Para conseguirlo, estableceremos desde luego el precio aproximado de cada uno de los elementos de fabricacion, lo cual hallaremos en la estática del departamento del Sena, publicada por M. de Chabrol (1826, tabla 114.) Los resultados siguientes se refieren á ocho establecimientos comparados entre sí.

		Francos.	Reales.	Mrs.
	Interés del capital.	74400...	280094...	4
	Elaboracion.........	21450...	80752...	32
Libras.	Gastos generales...	57020...	214663...	18
1058571 kil. (2300698,2114)	Aceite...............	135850...	511435...	10
Idem.	Azufre...............	254057...	956449...	30
95265 kil. (207048,9510)	Nitrato de potasa..	152424...	573831...	18
	Total.....	695201 =	2617227 +	10

Se obtienen de este modo 2964000 kil. (6451957,6000 lib.) de ácido sulfúrico que se espenden en el precio de 860000 francos (3255295 rs. y 10 mrs.) aproximadamente, ó sea 29 francos (109 rs. y 6 mrs.) por cada 100 kil. (217,544 lib.)

El beneficio del fabricante está reducido á su mínimo; lo mismo el interés del capital empleado, la elaboracion y los gastos generales; por consecuencia todas las esperanzas de disminucion cargarán sobre el combustible el precio del azufre ó del nitro. El combustible se consume todo ó casi todo en evaporaciones en cuyo trabajo caben pocas mejoras, ó al menos son difíciles de efectuar. Quedan, pues, el precio del azufre y el del nitrato.

195. En cuanto á este último advertiremos que su precio es una sesta parte del de el ácido espendido al consumidor. Esta fraccion se reduce á $\frac{1}{18}$ si se suprime el derecho de entrada sobre los nitros de la India, derecho exorbitante que equivale lo menos al doble de su valor en Inglaterra. El precio del ácido sulfúrico bajaria por lo tanto $\frac{1}{19}$ ó un 11 por 100 si se suprimiera este derecho. Todos los productos fabricados, para los cuales se consume el ácido, esperimentarian una reduccion proporcional, y muchos de ellos vendrian á ser objeto de esportacion, cuando en el dia no pueden sostener la competencia con los productos ingleses.

Si consideramos el azufre, le hallaremos en iguales circunstancias. Este se halla sobrecargado y aun los objetos de su embalage de un derecho igual á un 20 por 100 de su valor. El azufre entra por $\frac{5}{18}$ al poco mas ó menos en el precio del ácido. Este valor reduciria á $\frac{4}{18}$, suprimiendo el derecho y reuniéndole las dos rebajas, el ácido disminuye $\frac{3}{18}$ ó sea una sesta parte. La disminucion será mayor todavia si se añade la parte de las ventajas comerciales que resultarán para el fabricante de una disminucion de cerca de $\frac{1}{4}$ en los adelantos de fondos necesarios para la compra de las primeras materias.

196. Partiendo siempre de este punto de vista, y suponiendo los derechos de entrada permanentes, no queda ninguna esperanza relativamente al nitro; pero no es lo mismo con respecto al azufre. Este es el caso de recordar un sistema de fabricacion por el cual M. Clement habia obtenido un privilegio de invencion, que no ha podido realizarse, ó al menos ignoramos que tal haya sucedido. En este proyecto, en vez de obtener el ácido sulfuroso por la combustion del azufre, lo era por medio del persulfuro de hierro. La Francia posee esta materia en multitud de sitios; esta sustancia no tiene valor mientras el azufre se estrae de ella con mucha ventaja. Hay sin duda que vencer algunas dificultades en la ejecucion; pero se llegarán á vencer sin duda al cabo de algun tiempo. Con respecto al modo de calentar será mas costoso, pero el sulfato de hierro estraido de los resíduos podria compensar en parte estos gastos, sobre todo si se llegára á encontrar una salida á este género, y creemos que la fabricacion del ácido sulfúrico de Nordhasen le ofrece una que no deja de ser importante. La dificultad que se esperimentará en el estado actual de las cosas

para hacer circular este producto, me parece el primer obstáculo que hay que vencer y tal vez el único (1).

Otro pensamiento de M. Clement, igualmente comprendido en el privilegio cumplido que acabamos de recordar, merece ser espuesto de nuevo á la meditacion de los fabricantes. Los resíduos de combustion de las cámaras, contienen la mayor parte del ácido nítrico empleado. ¿Seria imposible condensar este resíduo y volver á formar el nitrato de potasa? No lo juzgamos asi. M. Clement propuso establecer una especie de nitrería artificial, haciendo continuacion con la cámara; tal vez seria suficiente para esto hacer pasar los gases al través de un canal que contuviera fragmentos de cal ó de creta humedecida. De esta suerte se formarian nitrato y sulfito de cal, que se esplotaria de tiempo en tiempo para estraer los nitratos. Estas clases de aparatos, serian sobre todo fáciles de establecer en las cámaras de combustion contínua.

Acido hipo-sulfúrico.

197. Este ácido no tiene ningun empleo en las artes, pero se produce ó parece producirse en una multitud de circunstancias, que se ofrecen diariamente en los trabajos industriales. Parece, en efecto, que no se puede poner en contacto el ácido sulfúrico concentrado con ninguna materia vegetal ó animal á la temperatura ordinaria, sin efectuar reacciones que parece producen siempre ácido hipo-sulfúrico, ó por lo menos ácido sulfúrico modificado por su combinacion con la materia orgánica, de manera que ofrece los caractéres principa-

(1) El autor se refiere al estado de la Francia en la época en que dió principio á esta obra. *(N. del T.)*

les del ácido hipo-sulfúrico. Es por lo tanto necesario conocer este último, que fué descubierto hace algunos años por los señores Welter y Gay-Lussac.

Propiedades.—Este compuesto es líquido y sin olor aun en su mayor estado de concentracion. Enrojece la tintura de tornasol y su sabor es ácido; no se obtiene jamas separado del agua. Colocado en el vacío sobre el recipiente de la máquina neumática y ayudado del ácido sulfúrico, se concentra sin evaporarse ni sufrir alteracion, hasta haber adquirido una densidad de 1,347; pero entonces empieza á trasformarse en ácido sulfuroso que se desprende y en ácido sulfúrico que permanece en el líquido.

Cuando está muy dilatado solo esperimenta por la accion del calor la privacion de su agua; pero cuando contiene poca cantidad de este líquido, se efectúa el mismo género de descomposicion que el vacío; basta el calor del baño de mària para producir este efecto. Aunque el azufre no se halla saturado de oxígeno en este compuesto y debe tomar el que le falta para pasar al estado de ácido sulfúrico, el ácido hipo-sulfúrico no se altera por el oxígeno ó el aire atmosférico. El cloro, el ácido nítrico concentrado y el sulfato rojo de manganeso no cambian tampoco su naturaleza en frio.

198. *Preparacion.*—El ácido hipo-sulfúrico se obtiene haciendo pasar gas ácido sulfuroso, que provenga de la accion del carbon sobre el ácido sulfúrico, en el agua que contenga en suspension peróxido de manganeso reducido á polvo muy fino; se produce inmediatamente sin recurrir al calor una disolucion perfectamente neutra, compuesta de hipo-sulfato y de sulfato de protóxido de manganeso; cediendo este una parte de su oxígeno al ácido sulfuroso, queda el peróxido reducido al estado de protóxido. Al cabo de algunas horas, ó mas bien

cuando el líquido se halla cargado lo suficiente, de hipo-sulfato, se decanta para separar de él el esceso de peróxido de manganeso, y se echa poco á poco cal apagada; se favorece la accion por el calor y la agitacion, y se añade de esta sustancia hasta que resulte un pequeño esceso, que se haga sensible por el papel teñido con la cúrcuma. La cal precipita todo el óxido de manganeso, y se une á los ácidos sulfúrico é hipo-sulfúrico; pero como el sulfato de cal es casi insoluble, resulta que el licor filtrado no debe contener, ni contiene en efecto, sino hipo-sulfato de cal, mezclado con un poco de sulfato de la misma, y un pequeño esceso de cal; entonces se añade bastante barita para descomponer las sales de cal, y se obtiene un nuevo depósito de sulfato de barita y de cal pura. En el licor queda el hipo-sulfato de barita, con un poco de esta y tal vez de cal en demasía. El esceso de estas dos sustancias puede separarse haciendo pesar una corriente de gas ácido carbónico al través de la disolucion, y filtrándola en seguida para separar los carbonatos que se depositan bajo la forma de copos; es conveniente hacer hervir la disolucion antes de ponerla en el filtro, á fin de que se desprenda el ácido carbónico que se halla disuelto en ella, y podria hacer soluble una pequeña cantidad de estas sales. En fin, es necesario hacer cristalizar el hipo-sulfato, volver á disolverle en el agua, y poner solamente la cantidad necesaria de ácido sulfúrico para precipitar la base. Filtrando esta disolucion, el ácido hipo-sulfúrico disuelto en el agua se halla separado del sulfato de barita depositado. En seguida se concentra el ácido hipo-sulfúrico bajo el recipiente de la máquina neumática, teniendo cuidado de hacer terminar la evaporacion cuando la densidad se aproxima á 1,347.

199. *Composicion.* — El ácido hipo-sulfúrico, suponiéndole privado de agua, contiene:

2 át. azufre..	=402,32	ó bien	44,59
5 át. oxígeno.........	=500,00		55,41
	———		———
2 át. ácido............	=902,32		100,00

Ninguna de las opiniones espuestas anteriormente relativas á los ácidos hipo-fosfórico y nitroso, ó al ácido hipo-fosforoso, pueden hallar aplicaciones en este lugar. El ácido hipo-sulfúrico parece un ácido muy sencillo, bien se examinen sus propiedades, bien las de las sales que forma.

Cloruro de azufre.

200. *Preparacion.* — Siempre que el cloro y el azufre se hallan en contacto, aun á la temperatua ordinaria, se forma con facilidad el cloruro de azufre. Haciendo pasar una corriente de cloro por el azufre en flores, se observa bien pronto que este se aglutina, se vuelve pastoso y trasforma en un líquido de un color rojo-naranja mas ó menos subido. Este es el cloruro de azufre. El aparato se compone de un balon que suministra el cloro (Lám. 4, fig. 2), de una probeta llena de cloruro de calcio para desecar el gas (Lám. 3, fig. 5), y en fin, de una probeta bien seca, que contiene al azufre, y al fondo de la cual llega el tubo que conduce al cloro. Esta probeta lleva otro tubo que se dirige á la chimenea del laboratorio.

201. *Propiedades.* — El cloruro de azufre es líquido, de un color de naranja, subido unas veces y otras claro, cuya diferencia proviene sin duda de la mayor ó menor cantidad

de azufre que tiene simplemente en disolucion. Es bastante fluido, muy trasparente; su densidad es de 1,7 á 1,68; su punto de ebullicion no parece constante, lo que indica que este cuerpo no es homogéneo en su composicion. Puesto en contacto con el aire húmedo, esparce vapores blancos. Su olor muy enérgico y desagradable recuerda el del cloro; pero este es mucho mas fétido.

Descompone el agua á la temperatura ordinaria con desprendimiento de calor y produccion de ácido hidro-clórico, sulfúrico, sulfurosa depositando mas ó menos cantidad de azufre. Lo mismo obra aunque con mayor energía sobre el alcohol y el éter sulfúrico.

202. El amoniaco seco descompone en frio al clururo de azufre. Colocando este cuerpo en una ampolleta de vidrio y adaptando esta á un aparato que suministre gas amoniaco desecado, se observan en el instante abundantes vapores blancos, y elevando un poco la temperatura del cloruro se descompone completamente. El resultado de esta operacion es un depósito de hidroclorato de amoniaco y de azufre y un desprendimiento de azoe; con el amoniaco disuelto en el agua los productos que se forman son diferentes. Se forma hidroclorato de sulfato y de sulfito de amoniaco; se deposita el azufre, y el gas azoe se desprende. El calor que se produce es muy grande; la reaccion repentina, y una parte del producto se volatiliza en forma de torbellinos espesos de un humo rojizo ó violado, que hace el esperimento muy notable.

Casi todos los metales, aun en frio, son trasformados por este cuerpo en cloruros y en sulfuros. Seria peligroso operar sobre cantidades un poco crecidas, porque el calor que se desprende es bastante grande para volatilizar ya sea una parte del cloruro de azufre, ya los cloruros ó sulfuros formados, de

manera que se produzca una especie de detonacion. Se pone, por ejemplo, media grama (10 granos) poco mas ó menos de cloruro de azufre en un vidrio de reloj, y se introduce en él un fragmento de potasio colocado á la estremidad de una barilla de hierro de algunos pies de longitud. Cada vez que toca el metal en el líquido y estando el potasio recientemente cortado, hay un desarrollo de calor, luz roja y una viva detonacion que quiebra el vidrio y arroja á lo lejos el cloruro de azufre escedente. Algunas veces la detonacion no tiene lugar sino al cabo de 30 ó 40 segundos; otras veces no se produce, y entonces se encuentra en el vidrio una pequeña masa de cloruro de potasio. Es probable que la detonacion resulte de la elevacion repentina de temperatura que trasforma instantáneamente en vapor una cantidad considerable de cloruro de azufre. Lo mismo sucede á poco mas ó menos con el mercurio. Se ponen en un vidrio partes iguales de mercurio ó cloruro de azufre, y se agitan con una barilla para favorecer la mezcla, bien pronto esta se espesará, calentará, y en seguida se pondrá repentinamente candente y desprenderá abundantes vapores debidos á la volatilizacion repentina del esceso de cloruro de azufre, de mercurio no combinado, de cloruro y de sulfuro de mercurio. Quedará por lo tanto una parte de estos dos últimos cuerpos por resíduo.

203. *Composicion.*—El cloruro de azufre está formado de

1 át. azufre..............	201,16	ó bien	31,4
2 át. cloro...............	442,65		68,6
1 át. cloruro de azufre.	643,81		100,0

Se observa segun esta composicion, y obrando sobre el

agua, deberá dar 4 at. de ácido hidroclórico, y 1 de ácido hiposulfuroso, ó bien 1 át. de ácido sulfuroso y $\frac{1}{2}$ de azufre, no pudiendo existir al estado de libertad el ácido hiposulfuroso. Asi el ácido sulfúrico que se forma en este caso está en pequeña proporcion. No siempre se puede hacer este análisis por la accion del agua: vale mas como lo ha hecho M. Berthollet; convertir en cloruro un peso conocido de azufre, teniendo cuenta de los vapores arrastrados, ó bien trasformar el cloruro por medio del hierro ó del cobre en cloruros y sulfuros metálicos, de los cuales se pueden apreciar en seguida las cantidades respectivas.

Hemos entrado en algunos detalles en los asuntos de este cuerpo, porque permitirán abreviar para sus compuestos análogos el exámen de sus propiedades.

Bromuro de azufre.

201. El bromo se une en frio con el azufre. Basta verter bromo sobre el azufre en flores para efectuar la combinacion. El bromuro de azufre es líquido, de aspecto oleoso, de color rogizo mas subido que el del cloruro de azufre. Reparte como este último vapores blancos por su contacto con el aire: su olor es al poco mas ó menos lo mismo que el del cloruro.

Enrojece por sí solo débilmente la tintura de tornasol, pero por la adicion del agua se hace capaz de enrojecerla con energía. Entretanto, este líquido está lejos de obrar sobre él con tanta fuerza como el cloruro de azufre; al contrario, su accion es lenta á la temperatura ordinaria, pero á 100 grados la reaccion se efectúa de repente produciendo una especie de detonacion. Se forma en este caso ácido hidrobrómico, ácido sulfúrico é hidrógeno sulfurado, de donde se advierte que hay di-

ferencias reales entre el modo de obrar del cloruro y del bromuro de azufre, diferencias que por otra parte tienen tal vez sus proporciones. El cloro trasforma al bromuro de azufre en cloruro de azufre y bromo ó cloruro de bromo.

El bromuro de azufre no ha sido analizado.

Ioduro de azufre.

205. El azufre y el iodo se combinan por el intermedio de un calor débil, pero la combinacion es tan poco estable que se destruye con el menor esceso de temperatura al tiempo de efectuarla. El ioduro de azufre es sólido, de un color grís muy oscuro y brillante como el sulfuro de antimonio. Con el tiempo se separa una parte del iodo, aun estando colocado en vasos cerrados. No descompone el agua ni en frio ni en caliente. El agua puede destruir este compuesto por la accion del hervor separando totalmente el iodo, que se desprende con el vapor de agua.

CAPITULO VIII.

SELENIO. — ACIDO HIDROSELÉNICO. — OXIDO DE SELENIO. — ACIDO SELENIOSO, SELÉNICO. — CLORURO, BROMURO, IODURO Y SULFURO DE SELENIO.

206. El selenio fué descubierto en estos últimos años por M. Berzelius, que llegó á estraer este cuerpo al estado de pureza de algunos resíduos particulares procedentes de ciertas calidades de azufre que se emplea en Suecia en la fabricacion del ácido sulfúrico. Examinando con atencion estos productos accidentales, cuyo color rojizo habia confundido con el

sulfuro de arsénico, separó no sin mucho trabajo, en 1818, un nuevo cuerpo simple al que dió el nombre de *selenio* que sacó de Selena (la luna) por analogía, con el teluro que bajo algunas relaciones se habia desde luego confundido con el selenio. No dejará de leerse con interés en este lugar la historia de este descubrimiento, que forma una especie de complemento de lo que acabamos de decir relativamente á la fabricacion del azufre y del ácido sulfúrico.

«Se sirven en Fahlun, dice M. Berzelius, para la fabricacion del azufre, de las piritas que abundan en muchos parages en las minas de cobre. Las piritas estan muchas veces mezcladas con galena, blenda y muchas sustancias estrañas. Se colocan las piritas sobre un lecho de leña seca en largos hornos orizontales, cuya parte superior está cubierta de tierra y piritas descompuestas; el humo de estos hornos pasa por unos tubos orizontales cuya primera parte es de ladrillos y lo restante de madera. Se da fuego á la leña por bajo, y el calor hace destilar el esceso de azufre de la pirita que reposa sobre el lecho. El azufre en vapores es arrastrado por la corriente de aire caliente, y se deposita en seguida en los tubos en forma de flores. Cuando la leña se ha quemado, el sulfuro de hierro empieza á ponerse candente, estrae el esceso de azufre de su capa superior, y de esta manera la operacion continúa hasta que la pirita se ha quemado enteramente. El azufre harinoso que resulta de esta operacion, contiene mucho ácido sulfúrico; se lava en el agua, se funde, y vuelve á destilarse en seguida para purificarle. El azufre fundido sin destilar es una masa grís verdosa, cuya fractura es radiada y presenta unas partes heterogéneas. El azufre que se fabrica durante el invierno, no puede lavarse sin ocasionar grandes gastos; por consecuencia es preciso fundirle con la humedad ácida de que

está penetrado. Cuando se quiebra la masa fundida y se deja durante algunos dias las nuevas superficies que resultan, destilan unas gotitas muy ácidas que contienen ácido sulfúrico, ácido arsénico, sulfato de hierro y de estaño.

Cuando se hace uso de este azufre destilado para hacer el ácido sulfúrico, mediante la combustion se deposita en el fonde la cámara de plomo una masa pulverulenta y rogiza. Esta circunstancia ha sido observada hace mucho tiempo por M. Bjuggren, que era entonces poseedor de la fábrica de ácido sulfúrico de Gripsholm. Este fabricante observó que semejante fenómeno dejaba de verificarse cuando se empleaba otra especie de azufre; y como habia aprendido por un químico que la materia roja debia contener arsénico, no volvió á emplear el azufre de Fahlun.

«Despues que esta fábrica fué comprada por los señores Gahneggertz y yo, se ha quemado constantemente el azufre de Fahlun. El sedimento rojo que se forma en el ácido líquido quedaba siempre en el fondo de la cámara; por consecuencia aumentó en cantidad hasta formar una capa de una línea de espesor.»

Ademas, como en esta fábrica se empleaba el método de condensacion, que consiste en suministrar vapores de ácido nítrico al ácido sulfuroso, sucedia que los vasos donde se evaporizaba el ácido nítrico, quedaban siempre cargados de un resíduo rojo oscuro que llamó desde luego la atencion de M. Berzelius. Este resíduo parecia tener algunas propiedades análogas á las del teluro, pero un exámen mas detenido hizo sospechar la existencia de un cuerpo particular. Entonces hizo reunir con cuidado la capa depositada despues de mucho tiempo en la cámara y la sometió al análisis. El resultado de este fué mercurio, cobre, estaño, hierro, zinc, plomo, arsénico y selenio.

Despues de esta época se ha descubierto en Harz, cerca de Zorge y de Filcerode, diversos seleniuros metálicos de los cuales se estrae en el dia el selenio, á saber: seleniuro de plomo, de plomo y cobre, seleniuro de plomo y mercurio, y en fin seleniuro de plomo y cobalto. Es probable que estos diversos seleniuros, ó al menos el segundo y tercero, mezclados con el sulfuro de hierro arsenical hayan producido todos los fenómenos observados por M. Berzelius. Vamos á ver en efecto que el selenio se trasforma por el aire ayudado del calor en óxido de selenio gaseoso ó en ácido selenioso volátil; pero estos dos compuestos ceden su oxígeno al ácido sulfuroso, que pasa al estado de ácido sulfúrico, dejando el selenio en libertad. Asi se esplica la presencia del selenio libre en la cámara, asi tambien la de los diversos seleniuros metálicos que habrán podido formarse fuera de tiempo, ó habrán sido arrastrados por la corriente de aire durante la combustion del azufre.

No estará de mas recomendar á los fabricantes que examinen de tiempo en tiempo los residuos de sus operaciones en grande, sobre todo cuando estos presentan algunos fenómenos particulares. Asi es como se ha descubierto el iodo, el bromo y el selenio, y abierto este camino á las investigaciones no será agotado tan pronto.

Selenio.

207. *Propiedades.*—El selenio es un cuerpo sólido á la temperatura ordinaria; su dureza es muy poca puesto que se raya fácilmente con un cuchillo; es quebradizo como el vidrio y facil de pulverizar. Su peso específico varia de 4,30 á 4,32, porque tiene con frecuencia pequeñas cavidades en medio de

su masa. Su color y su aspecto no son constantes. Si habiendo sido fundido se solidifica prontamente, su superficie toma un brillo metálico y un color moreno muy subido. Entonces se asemeja á una hematita pulimentada; su quebradura es conchoidea, vitrea, de color de plomo y perfectamente metálica. Si despues de fundido se deja enfriar lentamente, presenta una superficie escabrosa granugienta de color de plomo y sin pulimento; su fractura es en este caso granosa, tierna, y se asemeja perfectamente á un pedazo de cobalto metálico. Si por medio del zinc ó del ácido sulfuroso se le precipita en frio de una disolucion de ácido selenioso, toma un color rojo de cinabrio, y haciendo hervir el líquido con el precipitado, este se contrae y adquiere un color casi negro. Cuando el selenio se ha reducido muy lentamente, forma sobre el líquido una película brillante de un color amarillo, semejante al del oro.

El selenio en pequeñas masas ó en hilos estendidos es trasparente, y deja pasar la luz con un color rojo rubí.

Cualquiera que sea el estado en que se halle, su polvo presenta siempre un color rojo subido; pero se aglutina fácilmente cuando se muele, presentando entonces un color grís y una superficie brillante, como sucede con el antimonio y el bismuto.

Espuesto á un calor poco menos de 100° se vuelve blando y á pocos mas casi líquido, y se funde compltamente; cuando se enfria permanece largo tiempo blando como el lacre; puede amoldarse con los dedos y hacer hilos muy largos que tienen mucha elasticidad. Hierve y se volatiliza antes de llegar al calor rojo. Calentándole en una retorta produce un vapor de un color amarillo subido, intermedio entre el vapor de azufre y el cloro gaseoso, y se condensa en el cuello de la retorta en gotitas negras; calentándole al aire ó en vasos muy largos, forma un

humo rojo que no tiene ningun olor particular y que se deposita bajo la forma de un polvo, cuyo color es el rojo cinabrio. Si el color es bastante fuerte para producir la oxidacion, esparce el gas un olor semejante al de los rábanos.

El selenio no es buen conductor del calórico ni de la electricidad.

Este cuerpo cristaliza con mucha dificultad; sin embargo, cuando se separa lentamente de una disolucion de hidro seleniato de amoniaco, forma sobre el líquido una película cuya superficie superior tiene un color pálido como el plomo y parece estar lisa, mientras que la inferior presenta un color mas subido y se halla cubierta de pequeños puntos brillantes. Con el auxilio del microscopio se advierte en ambas una testura cristalina, que parece pertenecer al cubo ó á los paralelopipedos. Algunas veces se forma tambien una vegetacion que observada con el microscopio, parece estar compuesta de cristales prismáticos terminados por pirámides.

El selenio en vapor no se inflama por el contacto del gas oxígeno; se produce solamente un poco de óxido de selenio, que comunica á este gas un olor como el de las coles podridas; pero cuando se hace pasar una corriente de gas oxígeno sobre el selenio hirviendo y contenido en un espacio estrecho, arde con una llama débil y blanca hácia la base, y verde ó verde azulada en la cúspide y sobre los bordes. Se sublima ácido selenioso mezclado con un poco de óxido de selenio.

El selenio se volatiliza en el aire libre sin esperimentar alteracion; calentándole en un vaso cerrado y lleno de aire, se convierte parte de él en óxido, y si al hacerle hervir al contacto del aire se le aproxima un cuerpo inflamado, comunica á los bordes de la llama un color de azul ultrâmar muy puro y se evapora esparciendo un olor muy fuerte á coles podridas.

Este cuerpo no descompone el agua cuando está pura, pero ayudado de muchos agentes la descompone y se combina con su hidrógeno.

El ácido nítrico ataca muy poco al selenio á una temperatura baja; mas por el intermedio del calor le disuelve con mucha prontitud, convirtiéndole en ácido selenioso. El agua régia la disuelve todavia con mayor facilidad.

El selenio se disuelve en los aceites grasos y en la cera fundida, pero no se combina con los aceites volátiles.

208. *Preparacion.*—Esta la describiremos al estudiar el ácido selénico.

Acidro hidro selénico.

209. *Propiedades.*—El hidrógeno seleniado es un gas incoloro, de un olor enteramente semejante al del hidrógeno sulfurado, pero que produce una sensacion picante, astringente y dolorosa, análoga á la que causa el gas fluo silícico aunque mucho mas fuerte; es estremadamente peligroso. M. Berzelius sufrió una gran incomodidad por haber respirado algunas burbujas de este gas, cuyo grueso no escedia del de un guisante. Este cuerpo se descompone muy prontamente por el contacto del aire y de la humedad; es mucho mas soluble en el agua que el hidrógeno sulfurado. El agua impregnada de este gas solo tiene un olor muy débil; su gusto es el de los huevos podridos; mancha la piel de un color moreno, enrojece la tintura de tornasol; por el contacto del aire se descompone y el selenio se deposíta. Precipita todas las disoluciones metálicas, aun las de hierro y zinc cuando son neutras. En las disoluciones de zinc de manganeso y de cerio, da seleniuros de color de carne, con los otros metales los precipitados son unos

seleniuros negros y morenos. En fin, con las bases alcalínas ó terroras produce seleniuros solubles, obrando en esto como el hidrógeno sulfurado.

El ácido hidro selénico está compuesto de

1 át. selenio............	=495,91	ó bien	97,56
2 át. hidrógeno.........	= 12,48		2,44
2 át. ácid. hidro-sel....	=508,39		100,00

210. *Preparacion.*—El hidrógeno y el selenio se combinan cuando se hallan en contacto al estado naciente. Por ejemplo, cuando se trata el seleniuro de potasio por el ácido hidroclórico. El ácido hidro selénico que se forma tiene propiedades hasta tal punto análogas á las del ácido sulfúrico, que es probable que los métodos puestos en uso para obtener este último gas convengan tambien á la preparacion del primero. M. Berzelius se sirvió del seleniuro de potasio en fragmentos que introdujo en una retorta tubulada, rociándolos en seguida con ácido hidroclórico un poco debilitado. El gas se desprendió y fué recogido sobre mercurio.

Oxido de selenio.

211. El óxido de selenio es gaseoso y se distingue por el olor fuerte de col podrida que exhala; es muy poco soluble en el agua y parece no posee la propiedad de combinarse con los ácidos. Es análogo en esto al gas óxido de carbono.

M. Berzelius le ha estudiado poco, pero ha hecho constar su formacion en todos los casos en que se volatiliza el selenio, ya sea en presencia del aire, ya del oxígeno, en frascos ó ba-

lones poco grandes. No ha podido este químico obtenerle puro.

Acido selenioso.

212. El ácido selenioso puro es sólido, incoloro y dotado de un brillo particular; tiene un gusto puramente ácido que deja una sensacion abrasadora en la lengua; no se funde por el calor, pero se volatiliza á una temperatura inferior á la necesaria para destilar el ácido sulfúrico. Su vapor tiene el olor picante de los ácidos en general y el mismo color que el cloro. Se condensa sobre las paredes de los vasos en agujas tetraedras muy largas. Atrae con mucha rapidez la humedad del aire, se vuelve tierno pero sin hacerse delicuescente. Es muy soluble en el agua, sobre todo cuando esta se halla caliente. Cristaliza por un enfriamiento pausado en prismas estriados, por el enfriamiento rápido en granos pequeños y por evaporacion espontánea en estrellas.

Se disuelve tambien en proporciones crecidas en el alcohol.

El ácido selenioso se reduce fácilmente, asi por la via húmeda como por la seca. Cuando se mezcla con el ácido hidroclórico ó sulfúrico, se reduce por el hierro y por el zinc; el selenio se deposita sobre estos metales, pero cuando se hace uso del ácido sulfúrico siempre está mezclado con el azufre. El mejor procedimiento para estraer el selenio de una disolucion de ácido selenioso, consiste en poner el licor ácido, hacerle calentar y añadir sulfito de amoniaco. El ácido libre desprende al ácido sulfuroso del sulfito y este pasa al estado de ácido sulfúrico, á espensas del oxígeno del ácido selenioso, del cual precipita el selenio. Calentando el selenito de potasa con el hidroclorado de amoniaco, produce tambien el selenio reducido,

pero se evaporiza un poco de ácido selenioso. El hidrógeno sulfurado reduce tambien al ácido selenioso y se forma un sulfuro de un color de naranja subido. Para que este sulfuro se separe completamente, es necesario añadir un poco de ácido hidroclórico al licor y calentarle.

El ácido selenioso es bastante fuerte. En general parece rivalizar con el ácido arsénico; tiene poca accion sobre los metales aun los mas oxidables; no produce sales neutras con los alcalís; descompone el nitrato de plata y el cloruro de plomo.

213. *Preparacion.*—Este ácido se obtiene de diversas maneras. Primero, calentando el selenio en una bola de vidrio de una pulgada de diámetro, al través de la cual se dirige una corriente de oxígeno. El selenio se inflama, el ácido selenioso que se forma va á cristalizar á un tubo que está adaptado á la bola; pero por este procedimiento se pierde algo de selenio á causa de la formacion de cierta cantidad de óxido de selenio que se desprende. Segundo, calentando el selenio con el ácido nítrico. El selenio se funde; en seguida se disuelve; el ácido se descompone; se desprende deutóxido de azoe y por el enfriamiento del licor se obtiene el ácido selenioso en largas agujas prismáticas estriadas como las que produce el nitrato de potasa. Tercero, haciendo uso del mismo modo de una mezcla de ácido nítrico é hidroclórico (agua régia), y evaporando suavemente la disolucion hasta sequedad. Queda por resíduo una masa blanca que se sublimará si se continúa mas el calor: este es el ácido selenioso puro.

214. *Composicion.*—El ácido selenioso está formado de

1 át. selenio	=495,91	ó bien	71,27
2 át. oxígeno	=200,00		28,73
2 át. ácido selenioso	=695,91		100,00

Corresponde al ácido sulfuroso bajo todas las relaciones.

Acido selénico.

Entre los compuestos de selenio faltaba un cuerpo que pudiera compararse con el ácido sulfúrico. M. Mitscherlich ha llenado este vacío, haciendo conocer un nuevo ácido, del cual vamos á esponer las principales propiedades.

215. *Propiedades.*—Este es un líquido incoloro, que puede calentarse hasta los 280° c. sin que se descomponga sensiblemente; pero pasada esta temperatura empieza la descomposicion con mucha rapidez; á 290° se obtiene ya oxígeno y ácido selenioso. Calentándole hasta 165°, tiene una densidad de 2,524; á 267°, es de 2,60, y á 285° de 2,625; sin embargo á este punto ya contiene un poco de ácido selenioso. El ácido selénico contiene siempre agua, pero es muy dificil determinar la proporcion porque á 280° empieza ya á descomponerse; un ácido que se hizo elevar á una temperatura superior á 280°, y del cual se habia estraido la cantidad de ácido selenioso que podia contener, se halló que conservaba 84,21 de ácido selénico y 15,75 de agua. Si el oxígeno del agua era al del ácido como 1:3, el ácido deberia estar compuesto sobre 100 partes, de 87,62 de ácido seco y de 12,38 de agua. Es cierto que el ácido selénico se descompone antes de abandonar las últimas porciones de agua que le pertenecen. Se conduciria como el ácido sulfúrico, si se descompusiera á 280°; atendiendo que esto no sucede sino en el caso de hallarse este

ácido á 320°, que ha perdido bastante agua para formar un ácido hidratado de una composicion análoga á la de los sulfatos neutros.

El ácido selénico tiene una gran afinidad con el agua y produce tanto calor con ella como el ácido sulfúrico. Obra como este último ácido con el hidrógeno sulfurado; este no le descompone y por consecuencia puede emplearse el ácido hidrosulfúrico para descomponer el seleniato de plomo ó el de cobre. Con el ácido hidroclórico se conduce de una manera particular, haciendo hervir la mezcla se forma cloro y ácido selenioso; tambien puede disolver el oro y el platino como el agua régia. El ácido selénico disuelve el zinc y el hierro con desprendimiento de hidrógeno; el cobre con formacion de ácido selenioso, disuelve tambien el oro pero no el platino. El ácido sulfuroso no obra de ninguna manera sobre el ácido selénico, mientras que reduce fácilmente al ácido selenioso. Cuando se desee por consecuencia obtener el selenio de una disolucion que contenga ácido selenioso, será necesario empezar por hacerla hervir con el ácido hidroclórico, antes de añadir el ácido sulfuroso.

El ácido selénico es poco inferior al ácido sulfúrico por su afinidad para las bases; si bien por ejemplo, el seleniato de barita no se descompone completamente por el ácido sulfúrico, tambien pertenece á la clase de los ácidos mas poderosos. Siendo sus composiciones isomorfas con las del ácido sulfúrico, y poseyendo las formas cristalinas y las mismas propiedades químicas, se halla en ellas todos los fenómenos que presentan los sulfatos con muy ligeras pero interesantes modificaciones.

216. *Preparacion.*—Este ácido se prepara fácilmente, fundiendo nitrato de potasa ó de sosa con el selenio, el ácido selenioso un seleniuro metálico ó un selénito. Como el seleniu-

ro de plomo es el que se ha encontrado hasta ahora en mas abundancia, se le da la preferencia sobre los otros ; pero es muy dificil obtener con este mineral el ácido selénico puro, porque ordinariamente se halla acompañado de sulfuros metálicos. El seleniuro tal como sale de la tierra se trata por el ácido hidroclórico comun á fin de disolver los carbonatos, el resíduo que compone cerca de la tercera parte de la masa se mezcla con un peso igual de nitrato de sosa y se echa poco á poco en un crisol que se halle enrojecido por el fuego ; el plomo se convierte en óxido, y el selenio en ácido selénico que se combina con la sosa. La masa fundida se trata en seguida por el agua hirviendo, que disuelve solamente el seleniato de sosa, el nitrato y el hiponitrito de sodio.

El resíduo bien lavado no contiene ya selenio. Se hierve prontamente la disolucion; durante este tiempo se separa el seleniato de sosa anhidro, y cuando la disolucion se ha enfriado produce cristales de nitrato de sosa. Haciéndola hervir otra vez se obtiene nueva cantidad de seleniato y por el enfriamiento se reproduce tambien el nitrato. Estas operaciones continúan del mismo modo hasta obtener todo el seleniato de sosa. Esta sal posee, como el sulfato de sosa, la propiedad de tener su mayor solubilidad en el agua á la temperatura de unos 33°, y de no disolverse con tanta facilidad antes ó despues de este término. Para purificarle completamente se debe convertir el hiponitrito de sosa en nitrato añadiéndole ácido nítrico, pero como el mineral contiene sulfuros metálicos, el seleniato de sosa contiene tambien sulfato de esta base que no es posible separar por la cristalizacion. Todos los ensayos que se han hecho para separar el ácido selénico del ácido sulfúrico, no han tenido buen éxito ; por ejemplo, la ebullicion del ácido selenio que contiene un poco de ácido sulfúrico con seleniato

ó el hidrato de barita. Aun no añadiendo el seleniato de barita sino la mitad del ácido sulfúrico necesario para saturar la barita que contiene, se podrá separar una gran parte del ácido selénico, pero contendrá siempre ácido sulfúrico.

Es forzoso estraer el selenio del seleniato impuro, de que acabamos de hablar. Para esto se mezcla con el hidroclorato de amoniaco, y calentándolo se recoge selenio, azoe y agua. Este selenio está puro y se trasforma en ácido selenioso por medio de un esceso de ácido nítrico. Se saturan los dos ácidos por el carbonato de sosa, se evapora el líquido hasta sequedad y se calienta hasta el grado rojo la mezcla de selenito y de nitrato de sosa: de esta manera se reforma el seleniato de sosa y se separa por el procedimiento descrito. Se disuelve esta sal en el agua y se descompone por medio del nitrato de plomo. Se forma seleniato de plomo insoluble y nitrato de sosa soluble. Se lava el precipitado, y se trata por una corriente de hidrógeno sulfurado que produce sulfuro de plomo insoluble, y deja al ácido selénico en libertad: este se filtra y evapora con precaucion.

M. Mitscherlich no dice que haya ensayado la evaporacion en el vacío; pero es probable que por este medio tenga buen éxito.

217. *Composicion.* — El ácido selénico seco está formado de

1	át.	selenio.........=495,91	ó bien	62,32
3	át.	oxígeno.........=300,00		37,68
1	át.	ácido selénico..=795,91		100,00

El ácido selénico hidratado debe contener

1 át.	ácido selénico..	=795,91	ó bien	87,61
2 át.	agua............	=112,48		12,39
		908,39		100,00

Cloruros de selenio.

218. Existen dos cloruros de selenio; el uno sólido y el otro líquido. El primero contiene mas cloro que el segundo como se observa tambien en los dos cloruros de iodo, en los dos de fósforo, etc. El uno y el otro se producen fácilmente.

Deuto-cloruro.—Haciendo pasar el cloro sobre el selenio en un tubo de vidrio, las dos sustancias se combinan con desprendimiento de calor y producen una materia sólida, blanca y volátil. Su vapor es amarillo; se condensa por el enfriamiento en pequeños cristales. El cloruro de selenio se disuelve en el agua, desprendiendo calórico y comunicando á este líquido un sabor ácido.

Eefectivamente, este cuerpo descompone el agua y se trasforma en ácido hidro-clórico y en ácido selenioso, que queda en disolucion.

Su composicion es la siguiente:

1 át.	selenio............	=495,91	ó bien	35,84
4 át.	cloro..............	=884,00		64,16
		1379,91		100,00

Proto-cloruro.—Este se obtiene por medio del percloruro que acabamos de describir. Si se calienta esta combinacion con el selenio, se forma un cuerpo oleoso de un color

amarillo moreno, trasparente y volátil. Este cuerpo se descompone lentamente en el agua, que se carga de ácido hidroclórico, y de ácido selenioso; pero el selenio se deposita.

Parece que el proto-cloruro contiene cuatro veces tanto selenio como el percloruro para una misma cantidad de cloro.

Bromuro de selenio.

219. El bromo parece que forma diversas combinaciones con el selenio; estas han sido descubiertas y examinadas por M. Serullas, que ha creido manifestar que el compuesto mas estable estaba formado de una parte del selenio para cinco de bromo. Para preparar estos bromuros se reduce el selenio á polvo y se echa en un tubo que contenga al bromo. La combinacion se efectúa con desprendimiento de calor, produciendo una especie de silvido, pero sin desarrollo de luz.

El bromuro de selenio es sólido, de un color rojo-moreno, esparce vapores al aire y exhala un olor semejante al del cloruro de azufre. Descompone el agua y pasa al estado de ácido hidrobrómico y de ácido selenioso. Cuando contiene un esceso de bromo ó de selenio, estos cuerpos quedan libres. Por esto se observa que el bromuro de selenio se asemeja perfectamente al cloruro, y que como él es compuesto de

1 át. selenio............	= 495,91	ó bien	79,0
4 át. bromo	=1865,60		21,0
	2361,51		100,0

Cuando se calienta el bromuro de selenio, una parte se volatiliza y la otra se descompone en bromo y en selenio.

Sulfuro de selenio.

220. En la naturaleza se halla el azufre selenífero. Este es un compuesto muy interesante de examinar. El sulfuro de selenio puro se produce fácilmente descomponiendo el ácido selenioso disuelto en el agua, por medio del hidrógeno sulfurado: en esta operacion se forma agua y sulfuro de selenio. Este producto se separa con dificultad del líquido que hace lechoso, y de color amarillo de limon; pero añadiendo ácido hidro-clórico y haciendo hervir el líquido, se aglutina una masa coherente, elástica, y de un color de naranja subido. Entonces se puede separar y lavar fácilmente. Este cuerpo está necesariamente formado de

1 át.	selenio.............	=495,91	ó bien 55,2
2 át.	azufre..............	=402,32	44,8
1 át.	sulfuro............	=898,23	100,0

El sulfuro de selenio es muy fusible, es líquido á una temperatura de poco mas de 100°; calentándole á un grado muy elevado hierve y destila, y queda entonces trasparente por el enfriamiento. Se asemeja un poco al oropimente (sulfuro de arsénico) fundido. Calentándole el aire libre, se inflama, el azufre se quema desde luego, y en seguida el selenio; de modo que al principio no se advierte sino el olor del ácido sulfuroso, y al fin el de las coles podridas. Si la combustion se hace en un tubo estrecho y abierto por sus dos estremidades, se quema el azufre solo y el selenio se sublima casi puro. Si por el contrario, se trata el sulfuro por

una mezcla de ácido nítrico chidroclórico (agua régia), es el selenio el que pasa al estado de ácido, mientras el azufre concluye por quedar puro. Se reconoce que ya no contiene selenio, cuando vuelve á tomar su hermoso color amarillo al solidificarse por el enfriamiento.

En efecto, $\frac{1}{100}$ de selenio combinado con azufre le hace de un amarillo sucio; y $\frac{1}{100}$ de azufre combinado con el selenio alterá su hermoso color de rubí, aunque aumenta su trasparencia. Basta tambien para comunicarle la propiedad de espesarse cuando se calienta en alto grado, aunque sea fusible una temperatura mas inferior.

En diversos lugares se ha encontrado el azufre selenífero; pero siempre en los terrenos volcánicos. Este es el caso de advertir, como ya hemos hecho con respecto al cloro, bromo y iodo, que los cuerpos iguales por sus propiedades químicas, afectan las mas veces la misma posicion y se hallan frecuentemente combinados ó mezclados en la naturaleza.

Es probable que el selenio acompañe muchas veces al persulfuro de hierro. Si no se reconoce siempre su presencia, consiste en que la cantidad es demasiado pequeña para manifestarse de otro modo que por los trabajos de la esplotacion en grande. En estas circunstancias, se ha reconocido ya el selenio en el ácido sulfúrico cristalino ó humeante que se prepara en Sajonia y en Inglaterra, por medio del sulfato de hierro que proviene de la combustion del sulfuro natural.

CAPITULO IX.

FÓSFORO. — HIDRÓGENO PROTO-FOSFORADO Y PERFOSFORADO. OXIDO DE FÓSFORO. — ACIDO FOSFÓRICO. — FOSFOROSO. — HIPO-FOSFÓRICO É HIPO-FOSFOROSO. — CLORUROS. — BROMUROS. — IODURO Y SULFURO DE FÓSFORO.

221. El fósforo es un cuerpo muy inflamable, y por mejor decir, los químicos antiguos dieron este nombre á todos los cuerpos capaces de producir luz sin el auxilio del calor. Entre todos los fósforos, el que en el dia conserva este nombre, es el único que presenta las propiedades de un cuerpo simple; los demas son combinaciones variadas, cuyo número se multiplicará sin cesar. En el dia entendemos por fósforo un cuerpo simple, que bajo muchas relaciones se asemeja al azufre y al selenio, pero que difiere esencialmente bajo otros puntos de vista, y en particular por su facil combustibilidad, porque se quema con el contacto del aire á la temperatura ordinaria. La época de su descubrimiento tuvo lugar en 1677. Fué el fruto de las investigaciones constantes de un alquimista de aquella época. En el dia sabemos que se halla en la orina podrida un fosfato doble de amoniaco y de sosa, que se descomponen por el calor y el carbon, de tal modo, que el amoniaco se destruye ó desprende, en tanto que la porcion de ácido fosfórico combinado con este cuerpo, se trasforma bajo la influencia del carbon en óxido de carbono y fósforo.

Este cuerpo puede estraerse de la orina por medio de operaciones convenientes; pero estas operaciones son tan difíciles de ejecutar, que aun en el dia seria dificultoso el obtener un éxito enteramente feliz, á pesar de estar plenamente ins-

truidos de los diversos efectos que deben resultar de la accion propia de cada uno de los cuerpos contenidos en la orina. De este modo se esplica cómo el fósforo, descubierto en 1677, ha continuado hasta 1737 siendo el objeto de un comercio secreto. No se ignoraba que fuera estraido de la orina, pero todos cuantos ensayaban su preparacion, se hallaban detenidos ó no obtenian sino un suceso tan incompleto, que en vez de recoger fósforo, apenas desprendian lo bastante para verle quemarse en los recipientes. Seria muy dificil esplicar, cómo los alquimistas de aquel tiempo pudieron obtenerle, si no se supiera que algunos de ellos creyeron encontrar en la orina el agente filosófico necesario para la trasmutacion de los metales. Kunckel que dió su nombre al fósforo, decia que si se tuviera conocimiento de lo que valia la orina, se lloraria de haber perdido ni una sola gota. No es por lo tanto de admirar, que con tales creencias hayan hecho los alquimistas sobre los productos de la orina investigaciones prácticas y á propósito para dirigirles con bastante certidumbre en sus operaciones sobre esta materia.

222. Vamos á esponer la historia del descubrimiento de este cuerpo singular. Un vecino de Hamburgo, llamado Brandt, con la esperanza de hallar el agente misterioso que debia cambiar los metales ordinarios en oro, se dedicó durante muchos años á investigaciones muy penosas sobre la orina. Lo mismo que todos cuantos tenian esta pretension no halló lo que buscaba, pero mas feliz que ellos, se encontró lo que no podia esperar. Descubrió el fósforo, y si este suceso no contribuyó para aumentar mucho su fortuna, al menos su nombre pasará á la posteridad; recompensa que no han podido alcanzar muchos alquimistas; mas ingeniosos tal vez, pero menos favorecidos. Brandt comunicó su descubrimiento á

Kunckel; este pasó á Hamburgo, y empeñó á Kraft uno de sus amigos, escitando su curiosidad con la esperanza de que reuniéndose á él, podrian adquirir el secreto de Brandt. Kraft accedió en efecto; pero obrando por sí solo y sin ver á Kunckel, compró el procedimiento por 200 duros bajo la espresa condicion de no comunicárselo jamas á Kunckel.

Este último ademas de esta perfidia volvió á Wittemberg, y sometió la orina á tantos esperimentos, que llegó á estraer el fósforo, y aun le obtuvo mas puro que Brandt. Continuó preparando esta materia, que fué generalmente conocida bajo el nombre de fósforo de Kunckel.

Por otro lado, el célebre Boyle en Inglaterra, habiendo visto el fósforo entre las manos de Kraft, y sabiendo que se estraia de una materia perteneciente al cuerpo humano, se dedicó á sucesivos esperimentos, por medio de los cuales al cabo de un año llegó tambien á obtener el fósforo. Comunicó su procedimiento á Jodfrey Hankwit que durante muchos años despues de la muerte de Boyle y de Kunckel, permaneció solo en posesion del comercio de esta sustancia que continuó siendo estremadamente rara, reservándose esclusivamente á los ricos gabinetes de aquel tiempo.

Muchas tentativas se hicieron buscando un procedimiento seguro y constante en sus efectos, pero todas fueron infructuosas. En fin, un estrangero vino á París en 1737, y vendió al gobierno un procedimiento, que Hellot fué encargado de ejecutar y examinar. Asi lo hizo efectivamente en presencia de Geoffroy, Dufay y Duhamet. El procedimiento tuvo el éxito deseado, y su descripcion fué publicada en las memorias de la academia por el año 1737. Para concebir las dificultades de este tratamiento, basta decir que despues de un trabajo prolongado y penoso, se obtenian solamente de 5 muids

(40 pies cúbicos) de orina, 38 libras de resíduo por la evaporacion, y de este resíduo 4 onzas de fósforo á lo mas, para lo cual era necesario hacer 4 destilaciones.

Este procedimiento esperimentó despues algunas mejoras, pero fué abandonado tan luego como Schéele y Gahn descubrieron la presencia del ácido fosfórico en gran cantidad, contenido en los huesos de todos los animales. De esta sustancia se estrae todavia el fósforo en la actualidad.

Fósforo.

223. *Propiedades.*—Este cuerpo es sólido á la temperatura ordinaria; no tiene sabor cuando está puro á causa de ser insoluble en el agua; pero sus disoluciones en otros líquidos tienen un sabor semejante al del ajo. Es tan flexible, que un cilindro puede doblarse siete ú ocho veces en sentido contrario sin romperse, pero basta que contenga $\frac{2}{600}$ de azufre para hacerse quebradizo. Puede cortarse con facilidad por el cuchillo ó cualquier otro instrumento de este género. Se raya sin trabajo por la uña. Su olor es débil, se asemeja al del ajo ó al del hidrógeno impuro. El fósforo es muchas veces trasparente y sin color; otras tiene una tinta amarillenta, y otras es amarillento y trasluciente como el cuerno. Cuando está bien puro y se le destila muchas veces, adquiere la singular propiedad de ennegrecerse por un enfriamiento repentino. Para producir este fenómeuo, se funde el fósforo á 60 ó 70° c., se toman dos partes y haciendo enfriar la una lentamente abandonándola á sí misma, conserva su trasparencia y su tinta de ámbar y pasando la otra con prontitud al agua fria se vuelve repentinamente negra. Este color desaparece y vuelve á re-

producirse cuando se quiere por medio de la fusion y por la especie de temple que acabamos de examinar. M. Thenard fué el primero que observó esta propiedad.

La densidad del fósforo es de 1,77; funde á 43° c. poco mas ó menos. Cuando está completamente fundido y se espone al enfriamiento sin agitarle, no empieza á solidificarse hasta los 37 ó 38° c.; pero entonces se solidifica rápidamente y el termómetro sube de repente á 42 ó 43° c. Calentándole mas allá de este término puede reducírsele á vapores; estos empiezan á formarse á una temperatura bastante baja; pero bajo la presion ordinaria, el fósforo no entra en verdadera ebullicion sino á los 290° c., y si está puro, conserva esta temperatura hasta que la evaporacion ha terminado.

La destilacion del fósforo exige un cuidado particular á causa de la energía con que se inflama este cuerpo por el contacto del aire á una temperatura elevada. Esta operacion puede ejecutarse de muchas maneras. La primera consiste en poner el fósforo en una retorta cuyo cuello se introduce en el agua que se mantiene á 60 ó 80° c. La retorta se calienta, y cuando el fósforo se volatiliza, viene á condensarse en el agua ocupando el fondo del vaso que la contiene. Es necesario mucho cuidado para conducir bien esta operacion, que por lo demas se practica raras veces. En efecto, la absorcion podrá tener lugar si la retorta llega á enfriarse; esta podrá romperse y arrojar el fósforo sobre el operador, en cuyo caso corre peligro de ser cruelmente abrasado. Vale mas emplear un tubo con muchas curvaturas, sobre el cual se dirige una corriente de ácido carbónico ó de hidrógeno seco. El fósforo se coloca en la primera curvatura y á ella se aplica el calor, y la segunda sirve de recipiente. En seguida se aisla cortando la porcion de tubo que contiene el fósforo destilado, despues de ha-

ber hecho pasar un poco de agua; luego se funde y amolda del modo con que se hace comunmente esta operacion. Es muy raro verse en la precision de obtener una gran cantidad de fósforo destilado, por lo cual es preferible este procedimiento para pequeña cantidad.

224. El fósforo se quema lentamente en el aire á la temperatura ordinaria: se hace luminoso casi de repente, y exhala vapores ácidos que no son otra cosa que ácido hipofosfórico. Esta combustion lenta pasa fácilmente á una combustion de las mas vivas que produce ácido fosfórico. Basta para esto elevar un poco la temperatura, bien sea teniéndole mucho tiempo en la mano, bien colocando muchos pedazos próximos unos á otros y en contacto con el aire, ó bien dejándole en seco durante algun tiempo en verano. Es por lo tanto indispensable tenerle debajo del agua cuando se le maneja, y si alguna vez hay precision de sacarle, es fuerza evitar todo lo posible el tocarle con la mano ó al menos tener la precaucion de introducirle en el agua de tiempo en tiempo, para refrescarle y tener cuidado sobre todo de no colocar muchos fragmentos reunidos al contacto del aire, cuando se prepara un esperimento.

Segun esto, es evidente que el fósforo no puede conservarse sino en un gas desprovisto de oxígeno ó en el agua. Este último medio es el que se prefiere comunmente por ser el mas cómodo. Los cilindros de fósforo se colocan en un frasco esmerilado, bien tapado y lleno de agua hervida. Si el agua ó los frascos contienen aire, se produce bien pronto ácido hipofosfórico, que se disuelve en el agua. Ademas, si el frasco que le contiene esperimenta la accion del sol, el fósforo se cubre de una costra opaca y espesa de color de naranja: este es el óxido rojo de fósforo. Si recibe solamente la luz difusa, se vuelve igualmente opaco en la superficie, pero la costra que se

forma es blanca; en este caso es el hidrato de óxido de fósforo lo que se produce. En fin, si el frasco se halla privado de la accion de la luz estando colocado dentro de un bote de hoja de-lata, madera etc.; el fósforo conserva su trasparencia indefinidamente. Yo le he conservado de este modo sin alteracion durante muchos años.

M. Vogel ha visto el fósforo volverse rojo, bajo la influencia de los rayos solares, en el vacío, en el gasazoe, y en el hidrógeno; lo que parece indicar que la alteracion de que acabamos de hablar, no exige el concurso del aire y que puede efectuarse probablemente por la descomposicion del agua.

Estas circuntancias manifiestan que debe ser muy dificil conservar el fósforo sin que se produzca un poco de óxido; por esto siempre que se someta este cuerpo á la destilacion, queda un resíduo rojo tanto mas abundante cuanto mayor ha sido el tiempo que ha estado el fósforo espuesto á las diversas influencias que acabamos de esponer.

225. *Preparacion.*—Nada diremos del antiguo procedimiento, puesto que ya no está en uso. El que se emplea en el dia está fundado en la existencia de una cantidad considerable de sub-fosfato de cal en los huesos. De esta sustancia se estrae en gran cantidad, para cuyo efecto se trata por el ácido sulfúrico, trasformándola de este modo en fosfato ácido de cal que se calcina con carbon en una retorta de barro. El esceso de ácido se descompone, cede su oxígeno al carbon que pasa al estado de óxido de carbono, mientras que el fósforo que ha quedado libre pasa á los recipientes donde se condensa. La teoría de esta operacion es muy sencilla, pero no sucede lo mismo con su ejecucion. Para que esta tenga buen éxito es necesario tomar ciertas precauciones que vamos á indicar.

Los huesos que se emplean ordinariamente son de buey,

de carnero ó de caballo. Ademas del sub-fosfato de cal contienen carbonato de cal, algunas sales, aunque en cantidad insignificante, y ademas 50 por 100 de materia animal, que es preciso destruir desde luego: esto se consigue calcinando los huesos. Para este efecto se pone fuego en un gran horno de reverbero, en seguida se introducen algunos huesos por la abertura de la cúpula. Cuando estos se hallan bien candentes se introducen otros, y asi se continúa hasta llenar el horno á su mitad. En este momento se escita una corriente de aire muy fuerte, añadiendo á la cúpula un tubo de estufa que se dirige á la chimenea. Dispuesto el aparato de este modo, la operacion continúa por sí misma. Los huesos calcinados se retiran por la puerta del fogon, se añaden otros nuevos por la abertura de la cúpula y teniendo cuidado de no introducir muchos á la vez y de mantener el cenicero limpio, la combustion es bastante completa para que los gases desprendidos no causen incomodidad á los que habitan las inmediaciones del edificio. Bien se advierte que esta operacion no ofrece gasto alguno; los mismos huesos que se emplean alimentan la combustion necesaria.

Los huesos quedan negros desde luego por la calcinacion, porque el hidrógeno, el oxígeno y el azoe de la sustancia animal, no pueden arrastrar al desprenderse todo el carbon. Es necesario mucho tiempo para quemar en su totalidad este carbon depositado en los huesos. Si se advierten en ellos muchas partes negras despues de estraidos del horno, hay que someterlos á nueva calcinacion.

226. Calcinados ya los huesos, se pulverizan, se pasa el polvo por tamiz, y se divide en porciones de seis kilógramas (13,0404 libras.) Estas porciones se colocan en otras tantas cubas de madera. Este polvo se dilata en una cantidad

de agua suficiente para hacer con ella un hervor líquido; en seguida se añaden poco á poco, y removiéndolo sin cesar con una espátula de madera, cuatro ó cinco kilógramas (de 8,6936 á 10,8670 libras) de ácido sulfúrico concentrado. En esta operacion se produce mucho calor: el carbonato de cal descompuesto ocasiona un pronto desprendimiento de ácido carbónico; el sub-fosfato de cal cede una parte de su base al ácido sulfúrico, y queda en la cuba una mezcla de sulfato de cal, de fosfato ácido de cal, y un escèso de ácido sulfúrico. Si no se ha tenido el cuidado de remover constantemente la materia, el sulfato de cal se reunirá en masa y formará gruesos pelotones, que preservarán una parte del fosfato de la accion del ácido sulfúrico. Cuando la materia empieza á enfriarse, se espesa cada vez mas, y aun se forma una masa dura si no se añaden al instante cerca de veinte litros (1597,56220 pulgadas cúbicas de agua. La mezcla se abandona á sí misma por espacio de 24 horas para que el ácido tenga el tiempo necesario de obrar sobre todos los puntos. Al cabo de este tiempo se llena la cubeta de agua hirviendo; se vierte el todo sobre una tela, se cuela el líquido y queda el resíduo sólido. De este modo se obtiene la primera agua de lavadura. Este resíduo se dilata en una nueva porcion de agua hirviendo; se cuela de nuevo y se tiene la segunda agua, y esta operacion se repite hasta la tercera vez: entonces el resíduo queda insípido y puede arrojarse como inútil, porque ya no contiene sino sulfato de cal. La primera agua de lavadura se pone aparte, se deja reposar, se recoge cuando está clara y se la hace evaporar; la segunda y tercera sirven para hacer las dos primeras lavaduras de otra cubeta, por lo cual basta hacer la tercera únicamente con agua pura. De este modo se continúa de cubeta en cubeta, evaporando siempre

las primeras aguas y dejando las segundas y terceras para la cubeta que sigue.

227. Las aguas de lavadura contienen fosfato, ácido de cal, ácido sulfúrico y sulfato de cal. Es necesario privarlas desde luego de este último, que es bastante abundante, por tener que emplear mucha agua, y porque el esceso de ácido favorece á la disolucion. Este líquido se evapora hasta sequedad en una caldera de plomo ó de cobre: el sulfato de cal cristaliza en agujas suaves. Entonces se añade una cantidad de agua tres ó cuatro veces mayor que el volúmen del resíduo; se vuelve á someter á la ebullicion y se filtra de nuevo. Por esta operacion queda la mayor parte del sulfato de cal en el filtro. El nuevo líquido que resulta consiste en fosfato, acido de cal casi puro, que suele contener solamente ácido sulfúrico libre.

Este líquido se evapora de nuevo hasta la consistencia de jarabe; se pone en seguida en una vacía de cobre, cuyo fondo está enlodado con arcilla por su parte esterior. Se añade una cuarta parte de su peso de carbon calcinado ó de la brasa que se forma en los hornos de cocer el pan, bien reducido á polvo; se mezcla bien y se calienta hasta que el fondo de la vacía se ponga rojo. El lodo esterior tiene por objeto preservarla de la oxidacion; esta vacía puede reemplazarse por una de fundicion. La mayor parte del agua se desprende, y si contiene ácido sulfúrico libre, se volatiliza ó descompone por el carbon.

228. Esta última mezcla es la que se emplea para la estraccion del fósforo. Ya se advierte que consiste en fosfato ácido de cal, carbon y agua; porque á pesar de la temperatura elevada que se aplica, el fosfato ácido de cal y el carbon retienen la humedad. Calentando esta mezcla hasta el grado de

fuego blanco, el fosfato ácido se trasforma en fosfato neutro, mientras que su esceso de ácido pasa al estado de fósforo por el carbon. La presencia del agua ocasiona algunos fenómenos accidentales que manifestaremos. Los primeros químicos que emplearon esta mezcla creyeron que el ácido fosfórico se hallaba puro y que cedia toda su cal al ácido sulfúrico. Mas adelante Fourcroy y Vanguelin reconocieron que solo pasaba al estado de fosfato ácido, de donde infirieron que convendria añadir mucha mayor proporcion de ácido sulfúrico, á fin de apoderarse de mayor cantidad de cal, y evitar la pérdida del ácido que queda en forma de fosfato neutro. Esta opinion ha sido refutada por M. Javal, que aseguró que el ácido fosfórico puro mezclado con el carbon no daba sino muy poca ó ninguna cantidad de fósforo, porque se volatilizaba á una temperatura inferior á la que se necesita para su descomposicion, y escapaba por este medio á la influencia del carbon; por esta misma razon no conviene un fosfato de cal demasiado ácido. Una parte del ácido se sublima antes de adquirir la temperatura necesaria para la reaccion del carbon. Asi la casualidad ha sido mas ventajosa de lo que pensaban los primeros químicos que se ocuparon de esta estraccion. M. Javal aun propuso disminuir la dósis de ácido en lugar de aumentarla, pero los resultados de la preparacion en grande manifiestan que esta precaucion es inútil.

229. Es necesario poner gran cuidado en la disposicion del aparato. La mezcla procedente de tres operaciones, de seis kilogramas cada una (13,0404 libras) de huesos calcinados, en una retorta de barro, cuya capacidad sea tal que la mezcla solo ocupe 4 quintas partes de ella al poco mas ó menos. Esta retorta debe elegirse de buena calidad, de un barro muy refractario, y haber estado enlodado mucho tiem-

po antes de la operacion para que el lodo se halle bien seco. Se coloca en un horno grande de reberbero, y se añade á su cuello una alargadera de cobre encorbada de tal modo que pueda colocarse en otro estremo dentro de un frasco con agua hasta su mitad, teniendo cuidado que la alargadera llegue hasta el fondo del frasco. Este frasco estará cerrado por un tapon que atravesará la alargadera, teniendo ademas otro tubo recto de tres pies de longitud y media pulgada de diámetro lo menos, para que no pueda obstruirse por el vapor de fósforo durante la destilacion.

La juntura de la retorta y la alargadera debe enlodarse con mucho cuidado por un lodo terroso. Para esto se introduce entre dos por medio de una espátula bastante lodo para llenar el intérvalo; despues se pone una capa de lodo por encima; despues que está bien seca, se aplica otra para reparar las rendijas de la primera, y si hay tiempo no está demas aplicar una tercera. Del mismo modo se enlodan todas las junturas del horno á fin de evitar las corrientes de aire que contrarestan la corriente principal, y que pueden ademas ocasionar la rotura de la retorta.

230. Cuando los lodos se hallan bien secos se enciende el horno por el cenicero y se mantiene asi durante tres cuartos de hora ó una hora. Despues de este tiempo se pasa al fogon y se añade poco á poco carbon encendido al horno. Es preciso llevar esta operacion con bastante lentitud, para que la retorta emplee tres horas lo menos en pasar al grado rojo. Se añade sin cesar carbon encendido hasta que el horno esté casi lleno. En este momento se introduce por la abertura de la cúpula carbon sin encender, y se continúa introduciendo sin cesar, para que la retorta no quede nunca al descubierto, porque el contacto del carbon frio podria rajarla. Siguiendo el

tiro y el vacío del horno, es preciso añadir carbon cada cinco minutos y aun de dos en dos. Para evitar esta corriente, se añade á la cúpula un cañon de estufa de cinco ó seis pies de longitud que va á terminar debajo de la chimenea. Asi que la retorta ha llegado al grado rojo, se empieza á desprender gas; esta produccion continúa hasta el fin de la operacion y sirve para regularizar su marcha. Si el desprendimiento es demasiado rápido, se cierra un poco el registro del cañon; si es muy lento se desahoga la rejilla del fogon con un urgon de hierro, y si se detiene es de temer que la retorta se ha roto. Para asegurarse de esto, se examina desde luego el lodo que cubre la union de la retorta con la alargadera; si se observa que pierde por esta parte se repara, y si no se perciben sobre este punto luces fosfóricas y por otra parte el fuego es muy activo, es preciso levantar el tubo de estufa y mover rápidamente con la mano la llama que se escapa por la abertura de la cúpula, dirigiéndola hácia la cara á fin de asegurarse si produce el olor del fósforo. Cuando efectivamente se percibe este olor, no puede dudarse de la rotura en la retorta, y si la operacion no está muy avanzada, conviene conservar la materia que aun queda en la retorta, porque puede volver á servir pasándola á otra. Para ejecutar esta operacion se cierra la cúpula del horno con un ladrillo, se retira el fuego en una estufilla, y cuando la retorta se ha enfriado se hace pedazos, se pasa la materia que contiene á otra, y se empieza de nuevo la operacion.

Esta dura veinte y cuatro y aun treinta horas. Diez y ocho kilogramas (39,1212 libras) de ceniza de huesos, suministran cuando ha sido bien dirigida dos kilogramas (4,3468 libras) de fósforo bruto.

Los productos gaseosos que se forman en abundancia, ha-

cen la absorcion imposible durante la destilacion, con tal que el fuego esté bien sostenido. Al concluir la operacion puede evitarse bajando el frasco que contiene al fósforo condensado, hasta que el estremo de la alargadera solo quede introducido una pulgada dentro del agua. De este modo el aire puede entrar poco á poco en la retorta y el enfriamiento se hace tranquilamente.

231. Sustituyendo al tubo derecho un tubo encorbado que vaya á parar debajo de un frasco lleno de agua y vuelto boca abajo en la cuba hidrenumática, pueden recogerse los gases que se desprenden y examinarlos. Entonces se observa que desde el momento en que la retorta empieza á enrojecerse, se produce óxido de carbono é hidrógeno carbonado, que provienen á no dudarlo de la descomposicion del agua por el carbon. Al cabo de cuatro ó cinco horas de fuego, cambia la naturaleza de los gases; el fósforo empieza á pasar, y se recoge en la cuba neumática óxido de carbono é hidrógeno fosforado. Si este último gas se desprende, es forzoso admitir que aun permanece agua en la materia, y que esta agua descompuesta produce el óxido de carbono y el hidrógeno fosforado; pero la mayor parte del óxido de carbono proviene de la descomposicion del mismo ácido fosfórico. Estos dos últimos gases continúan desprendiéndose durante toda la operacion. Es necesario asegurarse si el gas inflamable que se forma es en efecto hidrógeno fosforado como se ha dicho, ó si únicamente es óxido de carbono saturado de vapor de fósforo, lo que bastará para hacerle inflamable al contacto del aire. Lo cierto es que siempre se escapa á la condensacion una porcion bastante notable de fósforo. Esta atraviesa el recipiente y se deposita en forma de polvo sobre las paredes del tubo.

232. El fósforo que se desprende al principio de la opera-

cion está casi puro; pero no es lo mismo el que se produce al fin. El primero pasa sin detencion alfrasco condensador, y el segundo por el contrario, se condensa en la alargadera, y aun en el cuello de la retorta, y allí resiste sin fundirse á una temperatura bastante elevada; este último en vez del color del limon y la trasparencia que tiene ordinariamente el fósforo, ofrece un color rojizo y aun algunas veces negruzco, y una opacidad que indica bastante estar combinado con alguna materia estraña. Se ha supuesto que este fósforo estaba combinado con el carbon, y yo creo mas bien que lo esté con el silicio que puede provenir de las paredes de la retorta.

Para purificar el fósforo, se toma un pedazo de gamuza, se moja bien con agua fria, se coloca el fósforo en el agua y cogiéndole con la piel se envuelve en esta, haciéndola un nudo muy apretado de modo que forme una muñequilla. Esta se pasa á un barreño de agua hirviendo, donde permanece hasta que el agua desciende á 45 ó 50° c.; entonces se comprime fuertemente la muñequilla por medio de unas tenazas ú otro instrumento á propósito. El fósforo pasa por los poros de la gamuza muy puro y trasparente, mientras que las materias estrañas quedan dentro de la muñequilla. Estas contienen entonces un polvo negruzco y algunas veces rojo, que calentándole con el ácido nítrico debilitado suministra todavia fósforo puro. El ácido destruye estas materias estrañas sea cualquiera su natnraleza, que todavia no es bien conocida.

La gamuza solo puede servir una vez, porque sus poros se llenan de impuridades que pasarian con el fósforo si se empleara de nuevo.

233. Falta por último dar una forma cómoda al fósforo para poderlo manejar fácilmente. Esta forma es comunmente la de cilindros largos y estrechos, que se le da amoldándolo

en un tubo de vidrio de un diámetro conveniente. Para esto se elijen tubos ligeramente cónicos, de nueve á diez pulgadas de longitud y dos líneas de diámetro poco mas ó menos. Una de sus estremidades se introduce en el fósforo que se hallará fundido dentro del agua, estando esta al grado conveniente de calor; se hace una aspiracion suave con la boca por el otro estremo del tubo que será el mas estrecho, hasta que el fósforo que ascenderá por el tubo llegue á dos ó tres pulgadas de los labios. Entonces se tapa con el dedo la estremidad inferior del tubo antes de sacarle del agua, y se trasporta á una vasija que contenga agua muy fria, y sea bastante ancha para poder obrar con desembarazo. Luego que se ha introducido en el agua con rapidez el estremo inferior del tubo, se quita el dedo que le cierra, y el fósforo cae solidificado al líquido ó se le hace caer empujándole con una baqueta de madera ó vidrio. Para precaverse de algun accidente desagradable que pudiera ocasionar este método por la introduccion del fósforo en la boca del operador, como ya se ha verificado, puede muy bien sustituirse á esta clase de aspiracion la que resulta de una vejiga de goma elástica al tiempo de llenarse de aire cuando ha sido comprimida. Para esto se ajusta por medio de un tapon á la estremidad superior del tubo una de estas vejigas, se la comprime con la mano, á fin de desalojar el aire que contiene, y en seguida se introduce en el fósforo el estremo inferior del tubo, se deja libre la vejiga que al inflamarse hace una aspiracion semejante á la que se produce con la boca, el fósforo se introduce por este medio en el tubo, se tapa con el dedo y se practica en todo lo restante la operacion como ya hemos dicho anteriormente. La aspiracion por la boca puede reemplazarse de tantos modos, que será conveniente no practicar jamás sin necesidad una operacion de este

género, que la menor inadvertencia puede hacer tan peligrosa (1).

234. *Usos.*—El fósforo se emplea particularmente en los laboratorios; durante algun tiempo se hizo uso de él para el tratamiento del platino, pero este procedimiento ha sido abandonado; en fin en el dia se emplea de tres maneras para hacer los eslabones fosfóricos tan conocidos.

El primero que es el mas sencillo de todos, consiste en fundir un pequeño fragmento de fósforo en un frasquito ó en un tubito de vidrio bien cerrado por un estremo y de una pulgada de longitud poco mas ó menos. Asi que el fósforo está fundido se tapa el frasco ó el tubo con un tapon de corcho y el eslabon queda preparado. Para servirse de él se toman dos pajuelas azufradas, la una un poco mas que la otra; se introduce la primera en el frasquito, se araña un poco con ella la superficie del fósforo de modo que adhiera un poquito de esta sustancia á la pajuela. Entonces basta frotar esta con rapidez sobre un pedazo de fieltro ó de corcho áspero para que el fósforo se inflame y comunique el fuego al azufre. El ácido fos-

(1) El fósforo puede amoldarse sin ningun peligro, sirviéndose de un sifon cuyo brazo mas corto sea algo cónico para facilitar la salida del fósforo despues de amoldado. Este sifon se llena de agua con un vaso, estando sus estremos hácia arriba; cuando esta completamente lleno, se tapan sus dos estremos con los dedos, se invierten hácia abajo y se introduce de esta suerte el brazo mas corto en el fósforo; en seguida se apartan los dedos y la corriente se establece; el fósforo asciende por el brazo corto del sifon, y cuando el cilindro tiene la longitud que se desea, vuelven á taparse los orificios como antes y se pasa á un barreño de agua fria, donde se desprende el cilindro como en la operacion anterior. El sifon se llena de agua nuevamente y se continúa como hemos dicho hasta que todo el fósforo se haya amoldado.

Esta operacion es un poco mas larga que la de aspiracion por la boca; pero en cambio ofrece la mayor seguridad.

(N. del T.)

fórico que se produce impregna al momento los poros de la madera que forma la pajuela, impide su combustion y se apaga las mas veces antes de servirse de ella, por lo cual hay necesidad de tener preparada otra segunda que se enciende en la primera y en la que el azufre arde sin impedimento. Si la pajuela se frota en vez de fieltro ó de corcho en un cuerpo duro y liso como el vidrio ó la porcelana, el fósforo no podrá inflamarse.

El segundo eslabon no difiere del primero, sino en que se introduce en el vasito que contiene al fósforo durante la fusion una barillita de hierro enrojecida para inflamarle. Esta operacion se repite dos ó tres veces, y por ella se determina la formacion de un poco de óxido de fósforo, que queda mezclado con lo restante del fósforo, y le hace espontáneamente inflamable. Se tapa el frasquito con cuidado, se deja enfriar y se conserva para el uso, teniéndole siempre bien tapado. Para servirse de él basta introducir la pajuela, coger un poco de aquella sustancia y al hallarse en contacto con el aire se inflamará repentinamente; la cantidad de fósforo que se toma será menor que en el caso anterior, la pajuela permanecerá mas fácilmente encendida, pero como se forma un poco de ácido fosfórico al mismo tiempo que el óxido de fósforo, estos eslabones atraen con mucha fuerza la humedad de la atmósfera, y al cabo de poco tiempo destapándolas con frecuencia quedan inutilizados.

La tercera especie de eslabones fosfóricos es conocida con el nombre de *mastique inflamable*. La pajuela que se introduce en ellos se inflama sin frotacion asi que viene á contacto con el aire. Estos eslabones no atraen la humedad de la atmósfera y conservan sus propiedades hasta el fin. Su fabricacion es un secreto, pero se imitan con bastante facilidad. Es-

tos eslabones deben contener efectivamente óxido de fósforo, y por consecuencia ácido fosfórico ; mas para que este último no atraiga la humedad del aire, es preciso combinarle con una base terrosa , tal como la cal ó la magnesia. Parece que esta última se emplea con preferencia. Estos eslabones se preparan como los que hemos indicado en segundo lugar, en seguida se añade la magnesia calcinada y se revuelve bien hasta que el fósforo se haya solidificado. De esta manera se obtiene el fósforo muy dividido mezclado con el óxido ; y las porciones de ácido fosfórico producidas ó que se produzcan en lo sucesivo , forman con la magnesia un sub-fosfato que no atrae la humedad del aire. Pretenden que por este procedimiento, á pesar de sus buenos resultados , no se reproducen enteramente los eslabones que hemos indicado con el nombre espuesto anteriormente, y de los cuales los magnesianos no son otra cosa que una imitacion.

En el comercio se emplean ordinariamente frasquitos pequeños de plomo en vez de los tubos ó frascos de vidrio; pero sucede con frecuencia el quedarse soldados los tapones que son tambien de plomo á la boca del frasco, por lo cual se inutilizan enteramente los eslabones. Será muy conveniente el sustituir estos tapones por otros de corcho, bien impregnados de cera en caliente, si se les quiere hacer mas impermeables á la humedsd (1).

Hidrógeno protofosforado.

235. *Propiedades.*— Este cuerpo es gaseoso , incoloro,

(1) Sabido es que en la actualidad las pajuelas fosfóricas tienen otra elaboracion y un uso mas cómodo. En nuestras adiciones se hallarán los detalles relativos á este asunto.

(N. del T.)

de un olor muy fuerte, semejante al del vapor del óxido arsenical, poco soluble en el agua; segun M. Davy este líquido solo disuelve $\frac{1}{8}$ de su volúmen; no tiene accion sobre los colores vegetales. Su densidad es de 1,214. Se conserva sin alteracion con tal que esté al abrigo del contacto del aire humedecido. Se mezcla con el aire y aun con el oxígeno sin inflamarse á la presion ordinaria; pero haciendo la mezcla á una presion mas débil, hay una detonacion. Los productos de su combustion varían: si el oxígeno está en esceso se formará agua y ácido fosfórico; y si el gas fosforado, agua y ácido fosforoso, ó bien ácido fosforoso, quedando el hidrógeno libre. Esta combustion se determina ordinariamente, ya sea elevando la temperatura de la mezcla, ya por medio de una chispa eléctrica.

El cloro destruye á este cuerpo repentinamente; hay una viva inflamacion y produccion de ácido hidroclórico y cloruro de fósforo, si se introduce el gas fosforado en el cloro; y si á la inversa, se producirá ácido hidroclórico, cloruro de fósforo y fósforo libre. El bromo debe descomponer tambien este gas á la temperatura ordinaria; el iodo y el azufre no le alteran sino por el intermedio del calor. Los compuestos que resultan son siempre hidrácidos, y el fósforo queda en libertad, ó bien se combina con el esceso del cuerpo empleado.

El ácido hidroiódico se combina de repente con el hidrógeno protofosforado. El compuesto que resulta está formado de volúmenes iguales de cada uno de estos gases. Este compuesto es sólido, blanco, volátil, cristaliza en cubos y se destruye muy fácilmente, bien se trate por el agua, bien por las bases poderosas y aun por los ácidos que contienen agua. En todos estos casos el hidrógeno fosforado queda en libertad, el ácido hidroiódico disuelto en el agua ó combinado con

las bases, y si se ha hecho uso de un ácido debilitado, se disuelve simplemente en el agua que este contiene.

Todos los ácidos no obrarán por lo tanto del mismo modo. Efectivamente, el ácido sulfúrico puede combinarse con el hidrógeno protofosforado al que disuelve con una rapidez notable. Esta combinacion se altera bien pronto aun á la temperatura ordinaria. Se desenvuelve ácido sulfuroso, y el fósforo se deposita; el agua la destruye tambien, y el gas se escapa é inflama algunas veces á causa del calor que se desarrolla de repente por la mezcla del ácido sulfúrico y el agua. Es probable, por lo tanto, que el hidroiodato de hidrógeno fosforado se descomponga por este ácido, de tal modo, que el ácido hidroiódico quede libre y el hidrógeno fosforado se combine con el ácido sulfúrico.

Estos resultados manifiestan bastante que el hidrógeno protofosforado hace el papel de base con respecto á los ácidos poderosos.

La mayor parte de los metales, ayudados por el calor, se apoderan del fósforo, del hidrógeno protofosforado, dejando su hidrógeno en libertad, y pasando ellos al estado de fosfuros metálicos.

236. *Preparacion.* — Este gas se obtiene generalmente sometiendo en una pequeña retorta el ácido hipofosfórico concentrado á la accion de un calor suave. Por este medio se desprende el hidrógeno protofosforado y queda el ácido fosfórico. Mas adelante veremos como el ácido hipofosfórico puede considerarse como una combinacion de ácido fosfórico y ácido fosforoso. En tal caso, este último es el que obrará solo, y asi lo consideramos aqui. La espresion exacta de la reaccion es la siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
4 át. ác. fosforoso.	=2769,20	3 át. ác. fosfórico.	=2676,90
6 át. agua.........	= 337,46	4 át. hid. protofosf.	= 429,76
	3106,66		3106,66

Aqui se advierte que el agua es precisamente descompuesta, y que mientras su oxígeno se combina con una porcion del ácido fosforoso, su hidrógeno estrae el fósforo de la otra, que cede tambien su oxígeno á la precedente.

237. *Composicion.*—Para poderla determinar es necesario tener presente la cantidad de hidrógeno libre que se encuentra algunas veces en el gas preparado, como acabamos de decir. Para esto se hace uso del sulfato de cobre, que tiene la propiedad de absorver al hidrógeno fosforado, y no produce accion alguna sobre el hidrógeno libre. Tratando en seguida el gas por el cloruro de mercurio ó por el cobre metálico, ayudado del calor, se determina la cantidad de hidrógeno que contiene. En el primer caso este produce ácido hidroclórico, y en el segundo queda libre. El esperimento se practica en una campana encorvada; el hidrógeno fosforado se descompone solamente y se advierte que un volúmen produce tres de ácido hidroclórico, ó bien uno y medio de hidrógeno. Haciendo detonar el gas hidrógeno protofosforado con un esceso de oxígeno, se advierte ademas que exige dos veces su volúmen. Si cuatro volúmenes de hidrógeno protofosforado absorven ocho de oxígeno, tres serán empleados para el hidrógeno y cinco para el fósforo. Mas adelante observaremos que estos cinco volúmenes exigen dos de fósforo para formar el ácido fosfórico. Se halla, pues,

1 át. fósforo............	=196,15	ó bien	91,28
3 át. hidrógeno.........	= 18,73		8,72
2 át. hid. protofosfo....	=214,88		100,00

Hidrógeno perfosforado.

238. *Propiedades.*—Este cuerpo difiere poco del anterior; es gaseoso como él, incoloro, poco soluble en el agua, y no tiene accion sobre los colores. Su densidad es de 1,751; se altera del mismo modo por el cloro, el iodo, el bromo y el azufre. Se combina tambien con el gas hidroiódico, y el compuesto que se forma se asemeja al precedente; pero no contiene sino medio volúmen de hidrógeno perfosforado y uno de gas ácido. Este compuesto se destruye en las mismas circunstancias que el anterior, pero da lugar constantemente á un depósito de fósforo y á un desprendimiento de hidrógeno protofosforado. La accion del ácido sulfúrico concentrado presenta un fenómeno semejante: el gas es absorvido probablemente y pasa al estado de hidrógeno protofosforado, porque se forma un depósito de fósforo repentinamente. La accion de los metales es tambien la misma que en el precedente.

La diferencia mas notable existe en la accion que ejerce el aire ó el oxígeno. Estos gases pueden estar mezclados con el hidrógeno protofosforado bajo la presion ordinaria, mientras que con el hidrógeno perfosforado ocasionan una formacion repentina de agua y ácido fosforoso acompañada de una inflamacion muy viva; pero si el gas está mezclado con nueve ó diez veces su volúmen de hidrógeno, la inflamacion no se produce sino por el intermedio del calor.

Cuando se hacen pasar al aire una á una las burbujas de

hidrógeno perfosforado, cada una de ellas se inflama repentinamente, produciendo agua y ácido fosforoso que se elevan en la átmósfera en forma de vapores blancos. Estos vapores toman comunmente la figura de una corona, que se estrecha á medida que asciende, y concluye por desaparecer. Este fenómeno se reproduce en el humo que arrojan las piezas de artillería y en otras muchas circunstancias; pero es dificil realizarlo de una manera constante y notable en ninguna otra combustion que en la del hidrógeno perfosforado.

Cuando en vez de introducir el gas en el aire se le hace pasar al oxígeno, la inflamacion es tan viva que la vista no puede soportar su claridad. Sin embargo, siempre se produce un depósito de fósforo.

El hidrógeno perfosforado rara vez se conserva durante algunos dias; las mas veces se descompone al cabo de algunas horas. Tambien se descompone por un calor muy inferior al grado rojo; se destruye igualmente á 0°, y con mayor razon á una temperatura mas inferior. Una série de chispas eléctricas le descomponen tambien. En todos estos casos se deposita fósforo, y el gas pasa al estado de hidrógeno protofosforado.

239. *Preparacion.*—Este gas se obtiene introduciendo una pequeña cantidad de agua en una probeta llená de mercurio, y haciendo pasar á ella fósfuro de calcio ó de bario reducido á polvo y envuelto en un papel de filtro. La reaccion es muy pronta desde luego, pero no se termina sino al cabo de algunas horas. En ella se desprenden hidrógeno perfosforado y gas hidrógeno; en el agua queda un hipofosfito de barita ó de cal.

Tambien puede obtenerse poniendo el fósforo en contacto con una base salificable muy poderosa, disuelta ó dilatada en

agua, y por el intermedio del calor; se da comunmente la preferencia á la potasa y la sosa.–Se hace para esto una disolucion de potasa, se introduce en una pequeña retorta y se añaden algunos fragmentos de fósforo : en seguida se adapta un tubo encorvado al cuello de la retorta y se calienta con suavidad. El gas se desprende al momento; asi que llega á la parte vacía de la retorta se inflama, y esto se reproduce hasta que se consume todo el oxígeno del aire que contiene aquella parte. Estas combustiones cesan bien pronto; el azoe del aire descompuesto es impelido fuera de la retorta por el gas fosforoso; éste llega por fin al orificio del tubo, y asi que se halla en contacto con el aire esterior se inflama. Este es el momento en que puede colocarse el estremo del tubo en el agua ó en el mercurio y recoger el gas. Si se coloca el tubo en el agua antes de esta época, habrá indispensablemente algo de absorcion á causa del vacío que deja el oxígeno dentro del aparato al combinarse con el fósforo.

En fin, si se quiere hacer uso de la cal, es necesario preparar con esta sustancia una masa espesa, y hacer con ella unas bolitas en cuyo centro se coloca un pedacito pequeño de fósforo ; estas bolas se introducen en una redomita que se llena de cal apagada bien saturada de agua hasta las tres cuartas partes de su capacidad.

Se adapta un tubo encorvado á la boca de la redoma , y se espone esta á la accion de un calor suave. Luego que se observa la inflamacion de las burbujas del gas que se presenta á la estremidad esterior del tubo , se coloca en la cuba de agua ó de mercurio , donde puede recogerse inmediatamente el gas.

En estos dos últimos casos se obtiene gas hidrógeno perfosforado, gas hidrógeno é hipofosfitos. Si se mantienen de-

masiado tiempo á la accion del fuego, los hipofosfitos se descomponen por sí mismos, desprendiéndose mucho hidrógeno y un poco de hidrógeno protofosforado; por esto se advierte que al final de la operacion, cuando parece que el desprendimiento ha llegado á su término, se presenta de repente con mayor energía que nunca, sobre todo cuando se ha empleado la cal. Entonces se obtienen grandes cantidades de gas, pero este ya no se inflama espontáneamente. Al examinar los óxidos y los hipofósfitos, de una manera general, volveremos sobre la teoría exacta de estos fenómenos.

240. *Composicion.*—Este gas se analiza por los mismos procedimientos que el anterior, y contiene:

3 át. fósforo	=588,45	ó bien	94,02
6 át. hidrógeno	= 37,46		5,98
4 át. hid. perfosforado	=625,91		100,00

241. *Estado natural y usos.*—Los dos gases que acabamos de reconocer no tienen uso alguno hasta el presente. Estos gases se encuentran, segun se cree, en la naturaleza, y constituyen los fuegos fátuos que se observan en los pantanos y cementerios que contienen mucha humedad. Formándose el gas en lo interior de la tierra se escapa por las hendiduras que esta ofrece y viene á inflamarse á la atmósfera. A falta de observaciones exactas, puedo citar un hecho que conviene bastante con esta suposicion. El museo de Génova tenia una gran cantidad de alcohol impuro, que habia servido para conservar los animales y particularmente los pescados, si mal no me acuerdo. Este alcohol fué remitido á M. Leroyer, farmacéutico muy instruido, que se encargó de purificarle. Para este

efecto le destiló sobre el cloruro de calcio mezclado con cal viva; despues evaporó el resíduo al aire libre para obtener de nuevo el cloruro empleado. Durante los primeros momentos de la evaporacion, nada se presentó de particular; pero tan luego como el cloruro adquirió una consistencia de jarabe se desprendieron torrentes de un gas que ardia con el contacto del aire, ofreciendo todas las apariencias del hidrógeno perfosforado. Este desprendimiento duró muchas horas, y no se terminó hasta que la masa estuvo casi enteramente seca.

Este fenómeno no puede atribuirse á otra causa que á la descomposicion por la cal ó por el fuego de una materia animal que el alcohol habia disuelto. Se sabe ademas que la materia cerebral contiene al fósforo en un estado particular y en cantidad notable. Los cadáveres en los cementerios asi como en los pantanos, pueden, pues, esperimentar reacciones que den orígen al hidrógeno fosforado, sin que pueda observarse en su formacion.

Oxido de fósforo.

242. El fósforo se combina en muchas proporciones con el oxígeno. Forma cuatro compuestos ácidos bien distintos, fáciles de preparar; pero su composicion no ofrece una série regular. Produce ademas otros compuestos que han sido descritos como unos óxidos de fósforo. Estos distan mucho de estar conocidos lo suficiente para poder establecer alguna cosa exacta con respecto á ellos. Siempre que en las operaciones á que se somete el fósforo quedan algunos resíduos pulverulentos, susceptibles de inflamarse por la accion del calor, dando en este caso los mismos productos que el fósforo pero menos fusibles que este cuerpo, y que tienen la propiedad

de inflamarse espontáneamente, se les considera como formados esencialmente de óxido de fósforo. El fósforo bien puro y recien destilado, no suministra ó al menos suministra muy poco óxido; este último solo se manifiesta en las circunstancias siguientes:

Cuando se colocan debajo del agua en un frasco mal cerrado fragmentos de fósforo, y se abandonan á sí mismos, á la luz difusa, se cubren de una costra blanca pulverulenta, mas ó menos gruesa: este es el óxido de fósforo hidratado. Por otra parte si se toma el fósforo alterado de este modo y se le hace destilar, deja un resíduo pulverulento de un color rojo de naranja que se considera como el óxido de fósforo seco. Este mismo resíduo se encuentra cuando se quema en el oxígeno ó el aire el fósforo cubierto de óxido blanco. Estos dos productos son, pues, menos combustibles y menos volátiles que el fósforo. Se sabe no obstante que el fósforo mezclado con óxido es mucho mas inflamable que cuando está puro, lo cual no es una contradiccion.

Algunos químicos miran el producto rojo y el blanco como dos óxidos distintos; ¿pero hay alguna seguridad para creer que estos sean óxidos? Este asunto exige un nuevo exámen. Por lo demas, el fósforo manchado de óxido, se purifica, bien sea por la fusion y la gamuza, como ya hemos dicho, bien por medio de la ebullicion con un poco de ácido nítrico debilitado, que acidifica prontamente todo el óxido.

Acido fosfórico.

243. El ácido fosfórico, asi como el sulfúrico, no es conocido bajo dos estados distintos; al estado seco y al estado de hidrato. Este ácido como el sulfúrico tiene la propiedad de

retener el agua con tanta fuerza, que una vez combinado con ella ni el calor la puede separar.

Acido fosfórico seco.

244. *Composicion.*—El ácido fosfórico está formado de

2	át.	fósforo............	=392,3	ó bien	43,97
5	át.	oxígeno..........	=500,0		56,03
1	át.	ácido.............	=892,3		100,00

245. *Preparacion.*—Este ácido no puede obtenerse sino por medio de la combustion activa del fósforo en el aire ó en el oxígeno seco. Para esto se coloca sobre el mercurio un platillo lleno de cal viva que se cubre con una gran campana llena de aire. Al cabo de algunas horas el aire se halla bien seco; entonces se coloca sobre otro platillo bien seco una copela de huesos muy seca tambien; en la cual se ponen dos ó tres pedazos de fósforo que se enjugan de antemano con mucho cuidado. Se prende fuego al fósforo y se cubre en el momento con la campana llena de ácido seco. La combustion del fósforo da orígen al ácido fosfórico que se reparte por la campana bajo la forma de un humo blanco y espeso, que no tarda en condensarse produciendo unos copos samejantes á los de una nevada. Cuando el oxígeno empieza á faltar en la campana puede reponerse introduciendo aire seco por medio de un sifon que contenga en su interior unos pedazos de cloruro de calcio, ó de cal viva. Cuando la combustion ha terminado, y los vapores se han depositado bien, se retira la campana y quita la copela, que se arroja al agua para evitar la inflama-

cion de algun poco de fósforo que pudiera contener todavia. Se reune el ácido fosfórico que se ha depositado como una tela de araña tanto sobre la cápsula y sobre el mercurio, como en las paredes interiores de la campana. Apenas se halla en contacto con el aire absorve la humedad de este cuerpo; asi es casi imposible conservarle ni estudiarle bajo esta forma.

246. *Propiedades.*—Este ácido como se advierte, es sólido, blanco, pulverulento, mas pesado que el agua, muy soluble en este líquido, de un sabor muy ácido, probablemente fusible y volátil á una temperatura muy elevada.

Echándolo prontamente en el agua se combina con ella; se disuelve y produce un calor tan vivo, que resulta un silvido semejante al que ocasiona un hierro ardiendo cuando se introduce en este líquido. Haciendo evaporar esta disolucion deja por resíduo ácido fosfórico hidratado.

Acido fosfórico hidratado.

247. *Propiedades.*—Este ácido es sólido, no tiene color ni olor, es muy ácido y aun cáustico; enrojece con mucha fuerza la tintura de tornasol; es mas pesado que el agua; se reblandece á un grado de calor, muy inferior al rojo, y una vez bien fundido, se observa que á este grado de calor permanece todavia en fusion perfecta; se solidifica por el enfriamiento y produce un vidrio muy trasparente. Se reduce á vapor á la temperatura roja, ó algo mas elevada. Se hace uso de un crisol de platino para fundirle, porque el ácido fosfórico fundido ataca á los vasos de vidrio ó de tierra y los agujerea con prontitud; lo mismo obra sobre la plata al contacto del aire. Este metal absorve el oxígeno de este fluido, y pasa al estado de fosfato.

El ácido fosfórico no tiene accion sobre el platino, sino cuando este metal se halla en contacto con el carbon ó el gas carbonoso. En este caso se forma prontamente fósforo de platino muy fusible, y el crisol se agugerea.

El oxígeno y el aire no tienen accion sobre él; solamente se apodera con energía á la temperatera ordinaria ó inferior á esta, del agua que aquellos contienen.

248. *Preparacion.*—Este cuerpo puede obtenerse, bien sea tratando el percloruro de fósforo por el agua, ó quemando el fósforo por el ácido nítrico, ó ya descomponiendo el fosfato de amoniaco por el fuego, ó el de barita por el ácido sulfúrico, ó bien en fin descomponiendo el fosfato de plomo por el ácido hidro-sulfúrico.

249. El primero de estos procedimientos es muy sencillo. Se vierte el percloruro de fósforo en el agua por pequeñas porciones; al paso que este se vierte se agita el líquido para facilitar la mezcla. El percloruro desaparece y el agua toma un color ácido muy fuerte. De este modo se produce ácido hidro-clórico y ácido fosfórico, en virtud de la descomposicion del agua. Evaporando este licor, el esceso de agua y el ácido hidro-clórico se desprende, y queda el ácido fosfórico puro. La operacion se hace en una retorta, hasta que el ácido tome una consistencia de jarabe; pero á esta época ya atacará al vidrio por lo que es forzoso trasvasarle á un crisol de platino que se coloca en otro de tierra.

Se calienta poco á poco, hasta el grado rojo oscuro, y se vierte el ácido, que se obtiene en una masa vidriosa. Esta debe guardarse caliente todavia, en un frasco esmerilado bien seco.

250. El segundo procedimiento es de una ejecucion mas dificil, en razon del gran número de gases que se desenvuel-

ven durante la reaccion. Para ejecutarle, se colocan en una retorta de vidrio 30 gramas de fósforo (600 granos,) se añaden 200 gramas (4006 granos) de ácido nítrico á 20° del areómetro de Beaumé, se pone la retorta en un horno despues de haber ajustado á su cuello un balon tubulado, provisto de un tubo recto ó encorbado; se colocan algunos carbones encendidos debajo de la retorta y al momento da principio la reaccion. El ácido nítrico se descompone, cede una porcion y aun la totalidad de su oxígeno al fósforo, y se forma el ácido fosfórico que se deposita en la retorta, y el óxido de azoe ó el azoe que se desprende al estado gaseoso. La produccion de estos gases es tan repentina y fuerte algunas veces que impide observar bien en la marcha de la peración. La efervescencia del líquido puede servir para dirigir el fuego; si es muy débil se elevará un poco la temperatura; y en el caso contrario se aminorará el fuego. Como la cantidad de ácido indicada no basta comunmente para quemar todo el fósforo, luego que la destilacion ha terminado se vuelve á poner en la retorta el líquido destilado que contiene todavia mucho ácido sin descomponer. Cuando el fósforo está disuelto en su totalidad ó mas bien acidificado, se continúa la destilacion hasta que el líquido tome la consistencia de jarabe; entonces se pasa á un crisol de platino para acabar la evaporacion.

251. El tercer procedimiento es el mas usado de todos. Se reduce á polvo el fosfato de amoniaco, se calienta poco á poco en un crisol de platino hasta llegar al grado rojo: el amoniaco se descompone ó desprende en forma de gas, y el ácido hidratado queda bajo la forma ordinaria. El agua proviene del fosfato que no puede obtenerse bien desecado. Segun M. Dulong el ácido obtenido de este modo contiene siempre un poco de amoniaco, aun despues de haber estado mucho

tiempo á la accion del fuego. Para hacer la descomposicion completa, basta rociar el resíduo con un poco de ácido nítrico, repetir esta operacion muchas veces y elevar en cada una la temperatura hasta el grado rojo. Cuando el ácido puro está disuelto en un poco de agua y mezclado con fragmentos de potasa, se combina con ella sin exhalar ningun olor amoniacal.

252. El cuarto procedimiento es mas seguro. Se prepara el fosfato de barita por doble descomposicion, y cuando todavia está húmedo, se disuelve en el ácido nítrico, se dilata en agua, y se añade en seguida la cantidad de ácido sulfúrico debilitado, estrictamente necesaria para la precipitacion de la barita. De este modo se obtiene sulfato de barita insoluble, que puede separarse por la filtracion, y el licor solo contendrá ácido nítrico y ácido fosfórico, que puede separarse por una simple destilacion.

253. El quinto procedimiento, poco puesto en uso consiste en tratar el fosfato de plomo obtenido por doble descomposicion, y dilatado en el agua, por una corriente de ácido hidro sulfúrico, continuada por mucho tiempo. Aqui se forma sulfuro de plomo insoluble, agua y ácido fosfórico que queda en libertad. Filtrando y evaporando el líquido se obtiene este último.

Es evidente que los procedimientos mas económicos son los tres últimos, porque no hay necesidad de emplear el fósforo, y porque todos los fosfatos pueden obtenerse de los huesos calcinados por métodos poco costosos.

254. *Usos.*—Este ácido no tiene uso alguno cuando está puro; pero en el estado de combinacion, es susceptible de algunas aplicaciones útiles. El fosfato de sosa se emplea en la medicina como purgante; el de cal sirve para hacer las cope-

las de ensayador; se emplea tambien en las fábricas de vidrio para obtener los vidrios lechosos, conocidos comunmente con el nombre de cristal cuajado. El fosfato de plomo se halla en la naturaleza, y de él se estrae el plomo en algunas minas. El de cobalto sirve para preparar el hermoso color azul conocido con el nombre de azul de Thenard. En fin, los fosfatos de hierro y de manganeso, se hallan muchas veces en la naturaleza, y acompañan á diversas minas de hierro, del cual alteran los productos de una manera poco favorable.

Acido fosforoso.

255. *Propiedades.*—Este ácido no se conoce sino en el estado de hidrato; es blanco, muy agrio, sin olor y cristaliza en agujas confusas. El calor le trasforma en hidrógeno proto fosforado que se desprende, y en ácido fosfórico que queda al estado de jarabe; donde se advierte que el agua se descompone y que su hidrógeno y su oxígeno contribuyen igualmente á hacer pasar el ácido fosforoso al estado de ácido fosfórico. (236).

256. *Composicion.*—La composicion de este ácido es muy sencilla porque consiste en

2 át. fósforo..........	=392,30	ó bien	56,67
3 át. oxígeno.........	=300,00		43,33
1 át. ácido............	=692,30		100,00

Esta composicion se deduce de la del protocloruro de fósforo (269) lo mismo que se halla la del ácido fosfórico, por medio de la del percloruro (267).

257. *Preparacion.*—Este ácido no puede obtenerse sino por medio de la accion que el agua ejerce sobre el protocloruro de fósforo; el agua se descompone, su hidrógeno se une al cloro y el oxígeno al fósforo, de donde resulta el ácido hidroclórico y el ácido fosforoso. Por una evaporacion conveniente, el agua en esceso y el ácido hidroclórico se desprenden mientras que el ácido fosforoso queda en la retorta, donde cristaliza por el enfriamiento.

Acido hipofosfórico ó fosfático.

258. El ácido hipofosfórico no tiene uso, su existencia como ácido distinto es aun dudosa, porque se conduce en todos los casos, como lo haria una combinacion de ácido fosfórico y fosforoso. Lo que ofrece de notable, es su constante produccion en todos los casos en que el fósforo se somete á una combustion lenta. Durante mucho tiempo ha sido confundido con el ácido fosfórico; pero Lavoisier y despues M. Thenard y M. Dulong han estudiado su composicion de modo, que no han dejado duda alguna sobre la proporcion de oxígeno que le constituye. M. Dulong ha manifestado ademas, que el ácido hipofosfórico se destruye tan luego como se combina con las bases, dando orígen de este modo á los fosfatos y los fosfitos.

259. El ácido hipofosfórico puede analizarse bien sea determinando la cantidad de oxígeno absorvida en frio por un peso conocido de fósforo, como lo hace Thenard, bien determinando la cantidad de cloro necesaria para hacer pasar este ácido al estado de ácido fosfórico, como lo hace M. Dulong. El ácido hipofosfórico está formado de

6 át. fósforo.........	=1176	ó bien	44,33
13 át. oxígeno........	=1300		55,67
	2476		100,00

Composicion que puede establecerse de este modo;

4 at. fósforo + 10 oxíg. = 2 át. ácido fosfórico.
2 át. fósforo + 3 oxíg. = 1 át. ácido fosforoso.

Esto se resiste menos á la imaginacion que la composicion rara indicada por el análisis, cuando se considera al ácido hipofosfórico como un ácido simple. Por lo demas, todas sus propiedades se esplican bien suponiéndole formado de 2 át. de ácido fosfórico combinados con un átomo de ácido fosforoso.

260. El ácido hipofosfòrico está siempre líquido, es mas denso que el agua, viscoso, incoloro, muy ácido y de un olor algo semajante al del fósforo; no se ha podido obtener sólido ni privado de agua.

Cuando está concentrado se descompone con rapidez esponiéndole á la accion del fuego, y produce ácido fosfórico de la consistencia del jarabe, que queda en la vasija, é hidrógeno protofosforado que se desprende. En este caso, se conduce como el ácido fosforoso, á menos que no produzca mas ácido fosfórico y menos hidrógeno protofosforado.

261. El ácido hipofosfórico, se obtiene por un procedimiento necesariamente muy largo, pero en cambio muy sencillo. Se toman unos tubos de vidrio que tengan una de sus estremidades afiladas á la lámpara; se introduce en cada uno de ellos un cilindro de fósforo de poca menos longitud que el tubo; se colocan 30 ó 40 de estos cilindros unos al lado de

otros en un embudo cuya parte inferior se introduce en un frasco colocado sobre un plato cubierto de agua; hay que evitar el que los cilindros de fósforo se toquen. Este aparato se cubre con una campana que descansa sobre el agua del plato y cuyos costados están atravesados por dos agujeros. Por esta disposicion el aire de la campana se halla siempre húmedo, su renovacion es lenta y evita por este medio la pérdida del ácido y el que se produzca una combustion muy acelerada. Por otra parte, es necesario que el aire esté húmedo para que el ácido hipofosfórico producido pueda saturarse de agua y resbalarse por el embudo para pasar al frasco. Sin esta precaucion el ácido formará una especie de barniz á la superficie de los cilindros de fósforo y la combustion se detendrá. El ácido preparado de este modo es muy débil, se concentra desde luego por un calor suave, y se concluye su concentracion, en el vacío por un intermedio del ácido sulfúrico.

Acido hipofosforoso.

262. *Propiedades.*—Este ácido es líquido, tiene mucho sabor, no cristaliza, es mas pesado que el agua, y no puede obtenerse seco. Sometido á la accion del fuego, no tarda en descomponerse produciendo gas hidrógeno protofosforado que se desprende, fósforo que queda libre y ácido fosfórico. Se disuelve en el agua en todas proporciones, roba el oxígeno á diversos cuerpos oxidados de una manera muy enérgica; sin embargo, puede unirse con un gran número de bases salificables, formando sales particulares. Estas sales están dotadas de una solubilidad muy notable; no cristalizan sino con mucha dificultad y son en general delicuescentes.

263. *Preparacion.*—M. Dulong ha descubierto, que este

ácido se formaba siempre que se trataba por el agua un fósfuro alcalino; en tal caso el agua se descompone y resulta ácido hipofosforoso ó mas bien un hipofosfito, é hidrógeno perfosforado. El fosfuro de bario es preferible, porque una vez que la reaccion del agua ha terminado, es fácil precipitar toda la barita, por medio de una cantidad conveniente de ácido sulfúrico debilitado. Cuando el licor no contiene ya ni barita ni ácido sulfúrico, se filtra, se evapora desde luego por un calor suave, y en seguida se termina la concentracion en el vacío por medio del ácido súlfurico concentrado.

M. Roce que acaba de estudiar los hipo-fosfitos, halla este procedimiento poco seguro y prefiere el siguiente. Se dilata la barita en agua, se añade fósforo y se hace hervir; entonces se desprende el hidrógeno fosforado, y se forma el hipo-fosfito de barita. Concluida la operacion se filtra el líquido que contiene esta sal, y se añade un esceso de ácido sulfúrico. En seguida se separa el sulfato de barita por la filtracion, y se pone el nuevo licor en contacto con el carbonato ó el óxido de plomo. En esta operacion se forma sulfato de plomo insoluble é hipo-fosfito de este metal que lo es mucho. El licor resultante se filtra de nuevo y somete á una corriente de hidrógeno sulfurado que separa el plomo al estado de sulfuro, y deja al ácido hipo-fosforoso libre.

264. *Composicion.*—El ácido hipo-fosforoso puede considerarse de dos modos; como un ácido simple en cuyo caso contendrá

4 át. fósforo........	= 784,60	ó bien	72,34
3 át. óxígeno.......	= 300,00		27,66
1 át. ácido..........	—1084,60		100,00

ó bien como una sal ácida, cuya base será el hidrógeno perfosforado ; y en este caso estará formado de

1 át. ácido fosfórico......=	2 át. fósforo ....=	392,30
	5 át. oxíg.......=	500,00
2 át. hidrog. per-forfor...=	2 át. fósforo ....=	392,30
	4 át. hidrógeno.=	24,96
1 át. fosfato ácido de hidrógeno fosforado....=		1309,56

De tal suerte, que cuando se analiza trasformándole en ácido fosfórico, es necesario añadirle en efecto 5 át. de oxígeno para acidificar el fósforo del hidrógeno fosforado desde luego, despues 2 át. de oxígeno para quemar el hidrógeno, que componen 7 át., y como el ácido fosfórico obtenido no contiene en su totalidad sino 10, se concluye que el ácido empleado solo encierra 3, aunque puede muy bien contener 5 y aun mas en razon del hidrógeno libre.

En esta última suposicion, los productos que el ácido suministra por la accion del fuego serán necesariamente ácido fosfórico, fósforo é hidrógeno proto-fosforado, como lo demuestra la esperiencia.

El ácido hipo-fosforoso y el ácido hipo-fosfórico, son probablemente dos compuestos secundarios, y de ninguna manera ácidos primitivos como el ácido fosfórico y el ácido fosforoso.

Por otra parte, el ácido fósfórico es el único compuesto de oxígeno y fósforo que goza de una gran estabilidad. Todos los demas pasan á este estado por la accion del calor, y tambien por muchos cuerpos oxigenados, á los que roban el oxígeno, el cloro, el bromo y el iodo producen la misma trasformacion descomponiendo el agua de estos ácidos, y pasando

ellos mismos al estado de ácidos hidro-clórico, hidro-brómico ó hidro-iódico. M. Darcet, hijo, ha demostrado, que por medio del ácido hipo-fosfórico y del iodo se obtiene, ayudando la accion por un calor suave, el ácido hidro-iódico gaseoso muy puro; este procedimiento es preferible al que se ha indicado al hablar de la preparacion del ácido hidro-iódico.

Clôruros de fósforo.

265. Dos son los cloruros de fósforo que se conocen, ambos se obtienen directamente y poseen muchas propiedades comunes. La mayor diferencia que los distingue existe en su composicion; asi podremos con facilidad estudiarlos simultáneamente.

Percloruro de fósforo.

266. *Propiedades.*—Este cuerpo es blanco, sólidó, volátil, enrojece el papel del tornasol por mucho cuidado que se ponga en desecarlo. Se descompone por el oxígeno ayudado del calor rojo, produciendo cloro y ácido fosfórico; tambien se descompone por el hidrógeno en ácido hidro-clórico y fósforo; tambien por muchos metales que se trasforman en cloruros y fosfuros. Se combina con el amoniaco seco y produce una masa blanca sin sabor ni olor, fija en la accion del fuego, poco soluble en el agua y poco alterable por los alcalis. Segun M. Grouvelle, puede sin embargo alterarse por el agua trasformándose en hidro-clorato y fosfato neutros de amoniaco. El agua le hace desde luego pasar al estado de hidrato líquido; pero es muy dificil preparar este hidrato, porque cualquiera que sea la cantidad que quede en contacto con un esceso de agua, pasa al estado de ácido hidro-clórico y fosfórico, des-

componiendo á este líquido ; por esto el percloruro de fósforo esparce en el aire vapores blancos muy espesos y picantes.

267. *Composicion.*—Está formado este cuerpo de

5 át. cloro	=1106,60	ó bien	84,94
1 át. fósforo	= 196,15		15,06
2 át. percloruro	=1302,75		100,00

M. Dulong se ha cerciorado directamente , es decir , pesando el percloruro formado por una cantidad determinada de fósforo.

Proto-cloruro de fósforo.

268. *Propiedades.*—Este cuerpo es líquido , incoloro, trasparente, mas denso que el agua, muy humeante y cáustico .

Hierve á 78° c. La densidad de su vapor es igual á 4,875. No enrojece el papel de tornasol cuando está bien seco. El amoniaco precipita su fósforo y le trasforma en deuto cloruro, con el cual se combina. Por lo demas este cuerpo se conduce como el percloruro de fósforo , ya sea con el oxígeno , ya con el hidrógeno y los metales. Disuelve con mucha facilidad el fósforo y sobre todo en caliente. Este se deposita por el enfriamiento, unas veces en polvos y otras bajo la forma cristalina. El agua precipita el fósforo y descompone el proto-cloruro como de ordinario , sometiéndole á una evaporacion moderada, se volatiliza el cloruro, y queda el fósforo. Asi cuando se introduce un pedazo de papel de filtro en este cloruro cargado de fósforo, arde al cabo de algunos instantes , cuando por la evaporacion del cloruro el fósforo se ha depositado y se inflama por sí mismo al contacto del aire.

269. *Composicion.*—El proto-cloruro de fósforo está formado de

3 át.	cloro	=663,96 ó bien	77,19
1 át.	fósforo	=196,15	22,81
2 át.	protocloruro	=860,11	100,00

Esto se demuestra tratando por el agua una cantidad determinada de protocloruro, precipitando el ácido hidroclórico por el nitrato de plata, y pesando el cloruro de plata despues de bien lavado y seco. Siendo conocido el peso del cloro se obtiene por sustracion el del fósforo.

270. *Preparacion.*—Los dos cloruros se preparan del mismo modo. Se coloca el fósforo en una retorta tubulada bien seca. Por la tubuladura se hace llegar una corriente de cloro seco; el fósforo se inflama, se combina con el cloro y produce desde luego el protocloruro líquido. Suspendiendo la operacion antes que todo el fósforo haya desaparecido, tapando bien la retorta y dejándola en reposo durante algunos dias, todo el percloruro formado se halla trasportado al estado de protocloruro. Se destila á un calor moderado para separar el esceso de fósforo; este queda en la retorta y el protocloruro se desprende. Si por el contrario, en vez de cortar la corriente de cloro como hemos dicho, continúa hasta que toda la materia se solidifique, y aun un poco despues, se tendrá el percloruro cargado de un poco de cloro libre; pero esponiéndole á un calor suave, el cloro se desprenderá y apenas arrastrará con él un poco de percloruro, con tal que la temperatura no pase de 100° c.

Bromuros de fósforo.

271. M. Balard ha hecho conocer dos bromuros de fósforo. Estos se obtienen poniendo en contacto fósforo y bromo bien secos. La accion es activa y acompañada de color y luz. Los dos bromuros se forman simultáneamente, y se distinguen en que el protobromuro es líquido, y el perbromuro sólido y cristalizado. Por lo demás, poniendo en contacto una nueva cantidad de bromo, con el protobromuro, se le hace pasar al estado de perbromuro. Asimismo, poniendo un esceso de fósforo en el perbromuro se le trasforma al estado de protobromuro. Este último puede aun disolver un esceso de fósforo, pero la destilacion lo separa fácilmente. El proto-bromuro permanece líquido á 12° bajo 0; esparce en el aire vapores picantes, tratado por el agua se descompone en ácido fosforoso y ácido hidrobrómico.

El perbromuro aunque sólido á la temperatura ordinaria, puede fundirse presentando un líquido de color rojo, y elevando mas la temperatura se trasforma en vapores del mismo color. Cristaliza en rombos por el enfriamiento, ó en agujas de un color amarillo. Esparce tambien vapores al contacto del aire. Tratado por el agua se descompone produciendo los ácidos fosfórico é hidro-brómico.

Ioduro de fósforo.

272. El fósforo se une al iodo en diversas proporciones con desprendimiento de calor pero sin luz. Una parte del primero y ocho del segundo forman una combinacion de un color rojo de naranja moreno, fusible á unos 100°, y volatil á una temperatura mas elevada. Puesta en contacto con el agua,

se desprende gas hidrógeno-fosforado; se precipitan copos de fósforo, y el agua que es incolora, contiene ácido fosforoso y ácido hidro-iódico.

Una parte de fósforo y 16 de iodo, producen una materia de un color grís que se aproxima al negro, cristalizada y fusible á 29°. El ácido hidro-iódico que resulta al introducirla en el agua es incoloro, se forma ácido fosforoso y no se desprende hidrógeno fosforado.

Una parte de fósforo y 24 de iodo, dan una materia negra, fusible en parte á 46°. El agua la disuelve con un desprendimiento de calor muy vivo, pero la disolucion tiene un color moreno muy intenso, del que no se la puede privar sino esponiéndola por mucho tiempo á la accion de un calor muy suave.

De la proporcion de uno de fósforo y 16 de iodo, resulta al poco mas ó menos, la relacion del fósforo al iodo, suponiendo que el fósforo se convierte en ácido fosforoso. La siguiente de uno de fósforo y 24 de iodo, dará la del ácido hidro-iódico, si el fósforo se trasforma en ácido fosfórico. Pero cuando la cantidad de agua empleada es demasiado grande, queda iodo en libertad que se disuelve en el ácido hidro-iódico formado, y solo se produce ácido fosforoso. Este no convierte al iodo en ácido hidro-iódico, al pasar el mismo al estado de ácido fosfórico sino por la concentracion; esta es la razon por la cual con la proporcion de uno de fósforo y 24 de iodo, se obtiene un ácido muy subido de color, por que tiene mucho iodo en disolucion. Se observa pues, que siempre que el fósforo está en esceso, se forma en ácido fosforoso, y ácido fosfórico cuando el iodo entra en mas de 16 partes para una de fósforo y se hace evaporar la disolucion.

Sulfuro de fósforo.

273. *Propiedades*—El azufre y el fósforo forman al combinarse compuestos muy variados, que determinan todos la descomposicion del agua á la temperatura ordinaria y dan orígen al hidrógeno sulfurado, al ácido fosfórico ó al ácido fosforoso. A la temperatura de 80 ó 100°, esta reaccion es bastante rápida para producir violentas esplosiones. Estos compuestos estan generalmente impuros, á causa del óxido de fósforo y otras materias que contienen: los sulfuros de fósforo son volátiles, de un color blanquinoso que tira á verde ó á rojo, segun las circunstancias. Estos se presentan unas veces líquidos, otras medio sólidos y otras totalmente sólidos, lo cual depende de las proporciones que los constituyen. Se inflaman á la temperatura ordinaria con mayor facilidad que el fósforo. Son mas fusibles que este y que el azufre, y conservan algunas veces su fluidez á esta misma temperatura.

Agitando uno de estos compuestos con una disolucion de amoniaco y dejándolos en contacto durante algunas horas, desaparecen todas las impuridades. Su color rojizo ó moreno se desvanece y convierte en otro amarillo claro, se vuelve medio trasparente y mas fluido. Trasportado al agua no obra sensiblemente sobre este líquido, aun durante muchas semanas.

Un compuesto preparado de este modo por M. Faraday, que contenia unas 5 partes de azufre y 7 de fósforo, no se solidificó hasta los 6,°7 bajo cero, y á 0° gozaba todavia de una gran fluidez. Conservado durante algunas semanas debajo del agua en un frasco, dejó depositar cristales de azufre puro. Su fusibilidad disminuyó, y despues de algunas ho-

ras de estancia en una atmósfera de 3 ó 4° tomó la forma de una masa cristalina, constituyendo sin duda un compuesto definido. Esta masa parece estaba formada de 4 partes de azufre y 8 de fósforo; y en efecto, combinando estos dos cuerpos en esta misma proporcion, se obtiene un compuesto que presenta todas las propiedades que acabamos de manifestar. No debemos sin embargo considerar esta relacion sino como una aproximacion que parece indicar que el compuesto consistia en 1 át. de azufre y 2 át. de fósforo.

La tabla siguiente indica, segun los esperimentos de M. Pelletier, la fusibilidad de los sulfuros de fósforo en diversas proporciones.

				Punto de fusion.
100 de fósforo	y	12,5	de azufre	á 25° c.
id.	y	25	id.	15°
id.	y	50	id.	10°
id.	y	100	id.	5°
id.	y	200	id.	12°,2
id.	y	300	id.	37°,5

Es necesario tener presente que el fósforo no funde basta los 42° c., y el azufre á 107°.

274. *Preparacion.*—Estos compuestos no se preparan sin alguna dificultad, bien se combinen los dos cuerpos en seco bien debajo del agua. En este último caso la descomposicion del agua puede efectuarse evidentemente; pero se evita que sea demasiado pronta y de consiguiente peligrosa, no subiendo su temperatura sino á 60° poco mas ó menos, pero de ningun modo mas allá de los 70°. Se ponen en una probeta 10 gramas de fósforo (20 granos), la dósis conveniente de azufre en flores y 30 ó 40 gramas (60 ú 80 granos) de agua á

60°, se coloca la probeta en un baño de maría que contenga el agua á 80° para mantener la temperatura de la mezcla, en fin se agita esta por medio de una barillita de vidrio, hasta que la combinacion se haya completado.

Si la operacion se quiere hacer en seco, se tendrá gran cuidado de no poner las materias á la vez en el tubo. En este caso se tomará un tubo de una pulgada de diámetro por seis ú ocho de largo. Se funde el fósforo desde luego, y en seguida se va echando muy poco á poco el azufre en pequeños fragmentos. Cada pedacito que se introduce produce una decrepitacion acompañada de un pequeño silvido, debido sin duda al desprendimiento de un poco de hidrógeno sulfurado que proviene del hidrógeno de azufre y del fósforo ó de una pequeña cantidad de agua adherida á estos cuerpos. Es necesario tener cuidado de no añadir un fragmento hasta que el precedente no haya desaparecido : esto se conoce agitando el líquido con la barillita de cristal.

Usos.—Estos cuerpos no tienen uso alguno ; pero será posible sacar ventaja de ellos para las pajuelas fosfóricas, en razon de la facilidad con que se inflaman al contacto del aire.

CAPITULO X.

AZOE.—AMONIACO.—AIRE ATMOSFÉRICO.—PROTÓXIDO Y DEUTÓXIDO DE AZOE.—ACIDO HIPONITROSO.—ACIDO NITROSO. ACIDO NITRICO.—CLORURO Y IODURO DE AZOE.

275. El cuerpo simple, cuya historia es el objeto de este capítulo, es considerado con razon como uno de los seres mas singulares que nos presenta la naturaleza. Las combinaciones que forma son siempre muy notables por las propiedades que

las adornan; generalmente son poco estables; pero sin embargo, hay algunas que ofrecen bastante resistencia á los agentes de descomposicion, como vamos á ver. Dificil es esplicar segun esto, porque el azoe no puede casi nunca combinarse directamente con los otros cuerpos simples ó compuestos. Hasta ahora no se conoce en efecto, ninguna materia capaz de unirse al azoe gaseoso en un espacio corto de tiempo, bajo una influencia cualquiera. De aqui resulta que no se conoce un medio directo que permita hacer constar la existencia del azoe en un compuesto ó una mezcla gaseosa. Todos los caractéres de este cuerpo son negativos, y se admite que un gas es azoe tan luego como no presenta ninguna de las propiedades que caracterizan los otros gases conocidos. De este modo pueden esplicarse las dificultades singulares que la historia de este cuerpo debió presentar á los químicos del último siglo. Asi que aunque la teoría de Lavoisier se aplicó en seguida á todas las sustancias conocidas, el azoe y sus compuestos escaparon largo tiempo á sus esplicaciones, por no poder patentizar su presencia por ningun reactivo especial. Han sido necesarios todos los esfuerzos reunidos de los químicos mas instruidos de aquella época y de la nuestra, para reducir á una espresion sencilla y severa los numerosos é importantes fenómenos que presenta este cuerpo en sus combinaciones; pero tambien gracias á estos esfuerzos, la historia del azoe puede servir de modelo á todas las demas, y si bien todavia quedan algunas dificultades que vencer, se hallan al menos separadas en un órden de fenómenos sumamente oscuros en la actualidad, y cuyas causas podrá tal vez desenvolver otra revolucion química.

El gas azoe confundido desde luego con el ácido carbónico, fué distinguido de este por Rutterford en 1772.

Daremos con alguna estension la historia de este cuerpo y la de los compuestos de que hace parte. Su importancia en el estudio de los fenómenos químicos se advertirá cuando veamos que forma uno de los principios esenciales de la atmósfera que rodea la tierra, que entra en la composicion del mayor número de las materias animales y algunas vegetales, que origina la formacion del amoniaco, la del ácido nítrico ó *agua fuerte*, la del salitre, de la pólvora, y en fin, que existe en cantidad considerable en el azul de Prusia.

Azoe.

276. *Propiedades.*—Este cuerpo es siempre gaseoso cuando estápuro. A la temperatura y presion ordinaria, es incoloro, sin olor é insípido; apaga los europeos en combustion cuando se introducen en su atmósfera. Su poder refringente comparado con el del aire es de 1,020 á la misma temperatura y presion. Segun las observaciones de los señores Berzelius y Dulong, su densidad es de 0,976.

277. *Preparacion.*—Este gas se estrae las mas veces del aire, absorviendo el oxígeno que este contiene, por medio del fósforo, el ácido carbónico por la potasa, y el vapor acuoso por medio del cloruro de calcio. A este efecto se toma una campana de vidrio de dos é tres litros de capacidad (4 á 6 cuartillos), y se coloca sobre una rodaja de corcho, cuyo diámetro sea menor que el de la boca de la campana, una copela de huesos que contenga dos ó tres gramas (40 ó 60 granos) de fósforo. Despues de haber puesto la rodaja de corcho sobre la cuba de agua de modo que pueda nadar á la superficie del líquido, se prende fuego al fósforo, y se cubre todo con la campana llena de aire, haciendo que la boca de la campana se

introduzca en el líquido para impedir la comunicacion entre el aire esterior y el que contiene la campana. El aire no puede renovarse por esta precaucion, y de consiguiente se pone una cantidad conocida en contacto con un esceso de fósforo en plena combustion. Este aire se halla sometido á la vez, á dos influencias distintas, que son la del fósforo que se apodera de su oxígeno, y la del calor que se desenvuelve durante la combustion. En tanto que su volúmen disminuye por la primera causa aumenta por la segunda, y este último efecto supera con mucho al otro en los primeros instantes del esperimento. Asi se observa que el aire se escapa por todos los puntos del borde de la campa, y sale con tal fuerza que es preciso sostenerla, para que las burbujas no la hagan caer á su salida. Pero bien pronto el efecto producido por la absorcion del oxígeno se hace superior, y entonces el líquido se ve obligado por la presion atmosférica á introducirse en la campana, como se observa inmediatamente, y entre tanto la llama del fósforo se presenta pálida y se apaga. Los vapores de ácido fosfórico, que desde luego se han depositado en las paredes de la campana bajo la forma de una nevada, no tardan en disolverse en el agua que toca á estas paredes.

El gas que resta despues de esta operacion no está todavia puro. Contiene oxígeno en pequeña cantidad, ácido carbónico y vapor de fósforo. Se le priva de este oxígeno, introduciendo en el gas algunos pedazos de fósforo, sostenidos sobre unos tubos de vidrio. Estos se dejan durante algunas horas, ó mas bien hasta que el fósforo deje de ser luminoso en la oscuridad.

Por último, para privarle del ácido carbónico y del vapor de fósforo, se hace pasar el gas á unos frascos esmerilados, en los cuales se ha dejado un poco de agua. En se-

guida se introducen algunos fragmentos de hidrato de potasa ó de cal, teniendo cuidado de que permanezca durante esta operacion el cuello del frasco dentro del agua. Se coloca el tapon en su lugar despues de haberle engrasado bien con sebo, y se saca el frasco del agua: este se agita con rapidez durante algunos minutos. El hidrato de potasa se disuelve en el agua, absorve el ácido carbónico y produce un poco de sub-carbonato de potasa. El vapor de fósforo se precipita, y para obtener el gas seco solo queda trasvasarle á otros frascos, que se llenan completamente, y en los cuales se introducen unos pedazos de cloruro de calcio ó de cal viva muy reciente: al cabo de 24 horas el gas se halla completamente seco.

278. *Usos.*—En este estado de pureza el gas azoe solo se emplea en algunos esperimentos químicos. Como no tiene accion sobre la mayor parte de los cuerpos conocidos, es muy cómodo para formar atmósferas artificiales, en las cuales se ponen en contacto los cuerpos que obrarian sobre el oxígeno del aire, ó sobre los otros gases propios para reemplazarle. Su empleo es por lo tanto muy limitado bajo este estado.

Amoniaco ó azoturo de hidrógeno.

El amoniaco fué conocido de los químicos antiguos; le designaron con el nombre que lleva en el dia, ó con el de *alcalí volátil.* La composicion de este cuerpo les fué desconocida, y es de admirar que su nombre no haya cambiado en la época en que Berthollet la hizo evidente.

El amoniaco no se produce directamente sino en circunstancias raras y nunca económicas. Puede decirse con verdad que todo el que se emplea, bien sea combinado, bien libre,

proviene de las materias animales descompuestas por el tiempo ó por una temperatura elevada. Efectivamente, la orina de casi todos los animales contiene el amoniaco en abundancia cuando se efectúa su putrefaccion. Los egipcios han esplotado durante muchos siglos la orina de los camellos para obtener el hidroclorato de amoniaco, siendo los únicos que le introducian en el comercio.

Despues de algunos años obtuvo la Francia por la destilacion de las materias animales mas cantidad de amoniaco y de sales amoniacales de la que podia consumir. Este arte, que describiremos mas adelante, viene de la época de Beaumé, que fué el primero que manifestó podia practicarse con economía.

279. *Preparacion.*—Si se muelen reunidas en un pequeño mortero partes iguales al poco mas ó menos de cal viva y de sal amoniaco, y se respira aproximando la mezcla á la nariz, se advierte que exhala un olor vivo y penetrante que irrita las membranas mucosas de la nariz y escita al mismo tiempo las lágrimas. Este efecto proviene del desprendimiento de una materia gaseosa que es muy facil recoger. Para esto se toman 50 gramas (1000 granos) de sal amoniaco, y otra cantidad igual de cal viva, se pulverizan separadamente y se mezclan lo mas prontamente posible; en seguida se introduce esta mezcla en una retorta de vidrio hasta llenar las tres cuartas partes de su capacidad; se adapta al cuello de la retorta un tubo encorvado, cuyo estremo se introduce en el baño de mercurio. Se calienta poco á poco la retorta por medio de una lámpara de alcohol ó de un hornillo, el gas se desprende y puede recogerse en probetas llenas de mercurio. Podremos asegurarnos de que el aire de los vasos ha sido completamente desalojado, si introduciendo en las probetas

una pequeña cantidad de agua desaparece en su totalidad por la absorcion el gas obtenido.

Para concebir lo que pasa en esta operacion, es necesario observar que el gas amoniaco posee propiedades alcalinas; para convencerse de esto basta hacer pasar á una probeta llena de este gas un pedazo de papel de curcuma humedecido, y se observará que toma en el instante una tinta roja, ó bien introducir un poco de agua teñida de azul con el jarabe de violetas, en cuyo caso el gas será absorvido y el líquido tomará un color verde, ó bien, en fin, introduciendo un poco de agua ligeramente acidulada por el ácido sulfúrico ó el hidroclórico, porque si la cantidad de ácido es muy pequeña, el gas será absorvido, el licor presentará todos los caracteres de una disolucion alcalína, y no perderá esta propiedad sino por la adicion de una nueva cantidad de ácido. Observemos ademas que la sal amoniaco, como veremos mas adelante, resulta de la combinacion del ácido hidroclórico y del gas amoniaco, que es por consecuencia un hidroclorato de amoniaco, y tendremos todos los datos necesarios para la esplicacion del esperimento que acabamos de esponer. El hidrógeno del ácido hidroclórico y el oxígeno de la cal se reunen para formar el agua; el cloro se combina con el calcio, de donde resulta el cloruro de calcio que se une á una parte de la cal y resulta un compuesto particular de cloruro de óxido de calcio. El amoniaco puesto en libertad se desprende bajo la forma gaseosa que le es propia á la presion y temperatura ordinaria.

280. *Propiedades físicas.*—Preparado de este modo el gas amoniaco no tiene color, es muy acre y cáustico; su olor vivo y picante le hace reconocer fácilmente no se le puede respirar sin esperimentar una pronta irritacion en las mem-

branas de la nariz y de la boca, y escita ademas las lágrimas. Este es un alcalí bastante poderoso para rivalizar con la potasa y la sosa; su accion como alcalí sobre el jarabe de violetas, y el papel teñido con la curcuma, es muy fuerte. Su densidad es de 0,591; su poder refringente de 1,309.

Se habia creido hasta estos últimos tiempos que el amoniaco, como la mayor parte de los gases, conservaba siempre su estado ordinario; pero M. Faraday nos ha demostrado que es susceptible de pasar al estado líquido. Los señores Clonet y Hachette habian notado que dirigiendo una corriente de este gas al través de un vaso, cuya temperatura fuera 41° c. bajo 0, se depositaba en sus paredes y fondo una pequeña cantidad de líquido. Se atribuia este fenomeno al agua higrométrica del gas, porque tampoco la cantidad de licor obtenida habia permetido llevar las investigaciones mas adelante.

281. No sucedió lo mismo con los esperimentos de M. Faraday (An. de Quím. y Fís., t. 24, pág. 412). Para ponerse al abrigo de toda objecion buscó desde luego una emanacion de amoniaco que estuviera exenta de agua, y la encontró en un compuesto particular que habia tenido ocasion de estudiar. El cloruro de plata seco tiene la propiedad de absorver al gas amoniaco cuando éste se halla igualmente seco, y le absorve con una facilidad tal, que 1 grama (20 granos) de cloruro de plata, puede condensar 320 centímetros cúbicos (44169,600 líneas cúbicas) de gas amoniaco. Esta combinacion poco conocida por otra parte, ofrece una instabilidad notable. A la temperatura de 38° c. se descompone; el gas amoniaco vuelve á tomar su forma elástica y se desprende, y el cloruro de plata queda sin esperimentar alteracion. M. Faraday encerró cierta cantidad de este compuesto en un tubo de vidrio encorvado que cerró herméticamente á

la lámpara por ambos estremos. Calentó aquel en que se hallaba el cloruro, y éste no tardó en fundirse y entrar en ebullicion. Al mismo tiempo enfrió el otro estremo del tubo por medio de un poco de hielo, y el gas amoniaco puesto en libertad no tardó en pasar á condensarse al estremo frio del tubo donde se reunió bajo la forma líquida.

El amoniaco en este estado no tiene color, es trasparente y muy fluido. Su poder refringente es mayor que el del agua; su densidad comparada con la de este líquido es de 0,76. A 10° c. sobre cero, ejerce ya su vapor una presion igual á 6,5 atmósferas.

El pequeño aparato que se emplea para este esperimento, presenta un fenómeno curioso. Cuando la operacion ha terminado, el cloruro de plata ha perdido todo su amoniaco, y este gas se encuentra reunido bajo la forma líquida en el otro estremo del tubo; basta dejar enfriar el cloruro de plata para que adquiera la facultad de absorver al amoniaco. Este efecto no tarda en manifestarse: el líquido entra en ebullicion, sus vapores se combinan con el cloruro, y si el aparato se mantiene á la temperatura de 15°c., el compuesto primitivo se halla reproducido sin dejar la menor señal del esperimento.

M. Bussy, haciendo pasar gas amoniaco al través de una bola de vidrio delgada y enfriada por la evaporacion del ácido sulfuroso líquido al aire libre, ha llegado á reducirle completamente al estado líquido.

282. La accion del calor sobre el gas amoniaco parece nula. Priestley, dice sin embargo, que haciéndole pasar al través de un tubo de porcelana ó de vidrio enrojecido, se descompone con tal que este tubo sea de un diámetro muy pequeño. M. Thenard, por el contrario, admite que siempre que el gas esté bien seco y el tubo bien limpio y barnizado

por su interior, y la temperatura no esceda demasiado del grado rojo cereza, el gas pasa á través del tubo sin esperimentar alteracion. Es muy probable sin embargo, que á una temperatura mas elevada, y sobre todo, empleando un tubo lleno de fragmentos de porcelana, esperimentará la descomposicion en su totalidad ó en parte. Pero sea como quiera, puede mirarse como cierto, que pasando al través del tubo de porcelana, cuyo diámetro sea de ocho ó diez milímetros de (4 á 5 líneas) elevado hasta el grado de rojo cereza ó un poco mas, el amoniaco seco no esperimenta ninguna alteracion, aun cuando la corriente sea muy lenta. Recogiéndole sobre el mercurio y poniéndole en contacto con el agua, esta se lanza con rapidez á la probeta y el gas desaparece completamente. El amoniaco obra ademas sobre los colores vegetales á la manera ordinaria, sin que pierda nada de sus propiedades primitivas.

283. *Composicion.*—No obra lo mismo la electricidad que el calor; este fluido descompone al amoniaco y ofrece un medio muy exacto de hacer su analisis. M. Berthollet descubrió la verdadera naturaleza del amoniaco, y su hijo llegó, ayudado de la electricidad, á determinar la proporcion exacta de sus elementos.

El amoniaco esta formado de 3 volúmenes de hidrógeno y 1 de azoe condensados en dos volúmenes. Para demostrarlo se somete un volúmen determinado de este gas á la accion de una série de chispas eléctricas. El aparato mas sencillo que se conoce para practicar esta operacion es el cudiómetro ordinario de mercurio, por lo cual debe ser preferido. La accion es tan lenta, que si se toman 10 centímetros cúbicos (1380,300 líneas cúbicas) de este gas, serán necesarias seis ú ocho horas cuando menos para completar la descomposicion, á pesar

que se haga uso de una máquina poderosa. Al cabo de este tiempo el volúmen del gas aparecerá doble; habrá perdido su olor picante, su sabor y su accion sobre el jarabe de violetas y el papel de curcuma; será sensiblemente insoluble en una pequeña cantidad de agua. En fin, por un análisis conveniente practicado por medio del oxígeno en el eudiómetro de Volta, se hallará que el residuo está formado de 15 centímetros cúbicos (2054,450 líneas cúbicas) de hidrógeno, y 5 de azoe (174,150 líneas cúbicas).

Todos los demas esperimentos practicados con el mismo objeto sobre el amoniaco, no han hecho otra cosa que confirmar este resultado.

Este gas está por lo tanto formado de

1 át. azoe............	= 88,52	ó bien	82,53
3 át. hidróg.........	= 18,73		17,47
2 át. amoniaco......	=107,25		100,00

284. *Propiedades químicas.* — Debe presumirse segun esto, que la accion del oxígeno sobre el amoniaco será muy viva. A la temperatura ordinaria es nula; pero si se mezclan en una probeta sobre el mercurio partes iguales de amoniaco y de oxígeno, y se aproxima á la boca de la probeta una bujía encendida, se producirá instantáneamente la inflamacion acompañada de una detonacion fuerte. El mismo efecto se produce si en vez de aplicar la luz, se hace pasar á la mezcla una chispa eléctrica. En este caso la accion es tan fuerte que si se emplea para el esperimento un eudiómetro ordinario y una cantidad de gas demasiado considerable, el eudiómetro se quebrará indudablemente. Es necesario, pues, valerse de un eu-

diómetro muy grueso, ó bien dividir la mezcla que se quiere someter al esperimento en cantidades pequeñas, y practicar la operacion en varios tiempos.

El aire puede tambien descomponer el amoniaco; pero el esperimento no tiene el mejor éxito si no se espone la mezcla sucesivamente y en todas sus partes á la accion de un calor rojo al través de un tubo candente. Para llenar estas condiciones, se hacen llegar separadamente á uno de los estremos de un tubo de porcelana enrojecido, el aire y el amoniaco, y se recogen los productos por medio de un tubo encorbado, colocado en la otra estremidad del de porcelana.

Cuando se opera sobre una mezcla de oxígeno y de amoniaco, los productos son agua, azoe y una pequeña cantidad de ácido nítrico ó de nitrato de mercurio. Sustituyendo el aire al oxígeno, los productos serán los mismos, pero será preciso tener cuenta del azoe que contiene el aire y que se une al que proviene del amoniaco.

Esto nos hace concebir lo que sucede cuando se introduce una bujía encendida en una probeta llena de gas amoniaco. La luz se apaga como es facil presumir; pero si la introduccion se hace lentamente y con precaucion, se advierte que el disco de la llama aumenta de dimension, toma una tinta amarilla, en seguida blanca y despues desaparece enteramente. Estos fenómenos provienen de una pequeña cantidad de aire, que descompone el gas amoniaco alrededor de la llama, en razon de la elevada temperatura que esta posee. Este fenómeno se hace mas sensible, repitiendo la inmersion de la bujía muchas veces, lo que facilita la mezcla del aire con el amoniaco, ó bien operando sobre una mezcla hecha de antemano con amoniaco y aire atmosférico.

En resúmen, segun la composicion de este gas, 100 volú-

menes exigirán 75 volúmenes de oxígeno para trasformarse en agua y en azoe; pero la formacion accidental de una pequeña porcion de ácido nítrico destruye la limpieza del resultado. La mezcla detona por la accion del calor ó de la chispa eléctrica en todas las proporciones entre 3 de oxígeno y 1 de amoniaco por una parte, y 2 amoniaco y 1 de oxígeno por otra.

El hidrógeno no tiene accion sobre el amoniaco. El cloro y el iodo por el contrario, obran en frio sobre este cuerpo y dan diversos productos que examinaremos mas adelante (*cloruro de azoe, ioduro de azoe*). Por ahora diremos solamente, que el cloro descompone repentinamente al amoniaco, bien esté gaseoso, bien disuelto en el agua, deja al azoe en libertad, pasa al estado de ácido hidro-clórico y en seguida al de hidro-clorato de amoniaco. Si el cloro y el amoniaco están al estado gaseoso, la accion se efectúa con produccion de calor y luz. Estos fenómenos se producen aun entre el cloro gaseoso y el amoniaco líquido; pero de ningun modo cuando el uno y el otro se hallan disueltos en el agua. El iodo en contacto con el amoniaco seco absorve á este gas y se trasforma en un líquido negruzco. El azufre no obra sobre él sino por el intermedio del calor, y produce hidro-sulfato de amoniaco y azoe.

285. El agua disuelve una gran cantidad de gas amoniaco á la temperatura y presion ordinaria; absorve una tercera parte de su peso ó cerca de 400 ó 500 veces su volumen. Poniendo un vaso lleno de este gas bien puro boca abajo, y en contacto con el agua, se lanza esta al interior del vaso, con tanta rapidez como en el vacío. El vaso se rompe las mas veces por el choque brusco que ocasiona la entrada del líquido contra las paredes. La ascension del líquido será menos rápida si el gas contiene una pequeña burbuja de aire ó de otro

gas insoluble. El hielo absorve tambien al gas amoniaco. Si se introduce en una probeta llena de este gas sobre el mercurio, un pequeño fragmento de hielo, este se fundirá inmediatamente, absorverá el gas, y el mercurio ascenderá con rapidez hasta la parte superior de la probeta. Mientras se efectúa esta disolucion, la temperatura del agua se eleva; por esto es indispensable resfriar los vasos cuando se quiere preparar una gran cantidad de disolucion y obtenerla muy concentrada. El líquido al mismo tiempo aumenta de volúmen y su densidad disminuye. Este aumento se evalua en una novena parte del volúmen del agua empleada; pero este resultado no debe mirarse como muy cierto. Sir H. Davy ha hecho tres esperimentos para determinar la cantidad de gas que corresponde á la densidad de la disolucion. Segun estos datos ha construido la tabla siguiente, suponiendo que si se mezcla agua y una disolucion de amoniaco, la densidad de la mezcla será igual á la densidad media de los dos líquidos. Los números inscriptos en esta tabla, no deben mirarse sino como aproximaciones. 1.°, porque están fundados sobre un pequeño número de datos; 2.°, porque están calculados sobre la absorcion en volúmenes, y porque Sir H. Davy los ha calculado segun la densidad del gas amoniaco, suponiéndola igual á 8 veces la del hidrógeno solamente, cuando en realidad es 8,5 veces mayor. De aqui resulta que las cantidades de gas amoniaco inscriptas en la tabla, son mayores que la realidad $\frac{1}{7}$ aproximadamente de la cantidad total; pero tal como es, esta tabla puede ser útil para consultar hasta que tengamos otra mas exacta. Los tres asteriscos indican los resultados obtenidos por los esperimentos.

Cien partes de la disolucion contiene en peso:

Pesantez específica.	Amoniaco.	Agua.
0,8750*	32,50	67,50
0,8875	29,25	70,75
0,9000	26,00	74,00
0,9054*	25,37	74,63
0,9166	22,07	77,93
0,9255	19,54	80,46
0,9326	17,52	82,48
0,9385	15,88	84,12
0,9435	14,53	85,47
0,9476	13,46	86,54
0,9513	12,40	87,60
0,9545	11,56	88,44
0,9573	10,82	89,18
0,9597	10,17	89,83
0,9619	9,60	90,40
0,9692*	9,50	90,50

La disolucion acuosa de amoniaco es incolora, de un sabor fuerte y cáustico, de un olor penetrante semejante al del mismo gas; obra como los álealís, sobre los colores de violeta y de curcuma; á 40°c. bajo cero, se coagula, vuelve opaca y pierde su olor; á la temperatura de la ebullicion, pierde casi todo el gas que tiene en disolucion; esto mismo sucede espuesta al aire libre, á la temperatura ordinaria; por esto es necesario cuidar mucho de que siempre se halle bien tapada en frascos cuyos tapones esten bien esmerilados.

286. *Usos.*—En forma de disolucion como acabamos de esponer es como se emplea el amoniaco las mas veces. En los

laboratorios se hace un uso muy frecuente de esta disolucion como reactivo; en medicina se administra como estimulante aplicándolo á lo esterior en fricciones bien sea puro, bien en combinacion con los aceites grasos. Tambien se administra para el interior, pero en este caso la dósis no escede de algunas gotas solamente y muy dilatado en agua para debilitar su accion cáustica. Mezclado con tres ó cuatro veces su volúmen de agua y administrado en la dosis de algunas cucharadas, disipa las hinchazones que acometen algunas veces á los ganados que se alimentan de hiervas frescas, tales como la mielga, el trebol y otras. Este mal, conocido con el nombre de *empanzamiento*, es debido las mas veces á un desarrollo repentino de una gran cantidad de ácido hidro-sulfúrico ó carbónico en el estómago. El amoniaco se emplea tambien en las artes y particularmente en la tIntorería.

287. *Preparacion del amoniaco disuelto en agua.*—Para obtener la disolucion acuosa de este gas, se hace uso en los laboratorios de un aparato de Woulf, que se pone en comunicacion con una retorta de barro ó de vidrio enlodada, que se llena hasta sus dos terceras partes de una mezcla de cal viva y amoniaco en partes iguales. Se calienta gradualmente la retorta hasta que el desprendimiento del gas haya terminado, lo que no sucede sino á la temperatura roja ó casi roja. Es preciso cuidar de que el tubo que comunica la retorta con el aparato, sea de un diámetro muy ancho: sin esta precaucion podrá muy bien obstruirse por una pequeña cantidad de sal amoniaco que escapándose á la descomposicion se sublima y viene á cristalizar á su interior.

Este método que puede ejecutarse fácilmente cuando solo se necesita una pequeña cantidad de amoniaco en disolucion, es impracticable cuando se quiere obtener este producto en

grande. Las retortas de vidrio se rompen algunas veces al principio de la operacion y al llegar al fin de esta, se deforman por un principio de fusion y esto las pone fuera de servicio bien pronto. Las retortas de barro, sujetas igualmente á la rotura, presentan ademas otro inconveniente. Si despues de terminada la operacion se abandonan á sí mismas, aun cuando se tenga el cuidado de estraer el resíduo, la pequeña porcion de cloruro de calcio que se queda adherida á sus paredes interiores atrae la humedad de la atmósfera, y forma bien pronto una disolucion que penetra la materia de la retorta. Si esta se espone de nuevo en tal estado á la accion del calor, el agua de la disolucion introducida en los poros de la masa, entra en evaporacion y revienta la retorta en todos sentidos. Algunas veces se producen pequeñas esplosiones que desprenden conchas muy anchas de las paredes de la retorta. Puede muy bien á la verdad evitarse este inconveniente, cargándola de nuevo, tan luego como el aparato se ha desmontado y proceder en seguida á otra nueva operacion; pero queda siempre el inconveniente de la rotura, y parece muy dificil que la misma retorta pueda servir dos veces.

Ademas de estas dificultades, se presenta tambien la de no encontrar un lodo que resista á la accion del gas. El que se hace con la cal y la clara de huevo parece el mejor; pero es preciso tener cuidado de dejarle secar completamente. Sin esta precaucion el gas se disuelve, penetra el lodo y en breve se esparce por la atmósfera. El que se hace con cera, resina y trementina seria preferible; pero tiene el inconveniente de no adaptarse bien al vidrio de los tubos ni á las tubuladuras y tapones, sino cuando estos están muy secos y calientes. Si la aplicacion de este lodo no se hace con el mayor cuidado, el gas no tardará en hallar salida por entre el lodo y el vidrio, en cuyo caso hay que detener la operacion.

288. Todos estos inconvenientes desaparecen haciendo uso del aparato siguiente (fig. 1, lám. 12). Este aparato consiste en una retorta de fundicion dulce, provista de una tubuladura muy larga que se cierra con mucho cuidado por medio de un tapon de hierro torneado. El cuello de la retorta lleva igualmente otro tapon de hierro como el anterior, al cual está soldado un tubo de hierro destinado á establecer una distancia entre el horno y el aparato que es de vidrio. Este cañon comunica bien directamente, bien por medio de un tubo de plomo ó de vidrio, con un primer frasco de Woulf que está provisto de una llave. Este frasco debe estar vacío; su oficio es condensar un poco de materia oleosa que acompaña las mas veces al gas, y que proviene de las impurezas del hidroclorato de amoniaco ó de la grasa de los tapones. Cuando se han acumulado en el frasco una gran cantidad de agua y de materia bituminosa, se abre la llave, se recoge el producto, que se halla muy cargado de amoniaco, y se vuelve á introducir en la retorta al empezar otra nueva operacion. El segundo frasco de Woulf, se llena de agua hasta las tres cuartas partes de su capacidad, y sirve para formar el amoniaco líquido. Para obtener las disoluciones á un término fijo, basta marcar el nivel del agua al principio y fin de la operacion. Cuando el frasco esté marcado, es muy fácil retirar el producto al llegar al grado de concentracion que se desea, y reemplazarle por una nueva cantidad de agua. El tercer frasco destinado á condensar el gas que se escapa á la accion del primero, puede conducirse del mismo modo; pero el agua que contiene tarda mucho tiempo en saturarse, porque la estrema solubilidad del gas amoniaco no permite que se escape una sola burbuja del primero hasta que la saturacion del agua que este contiene no se haya completado ó al menos esté á punto de ello; cuando la

retorta no produce ya gas, se levanta el tapon con auxilio de una palanca de hierro. Si hay necesidad de emplear un grande esfuerzo para levantarle, se tendrá cuidado de refrescar el tapon con un lienzo mojado sin tocar á la tubuladura, y la contraccion del tapon hará esta operacion muy facil. Por medio de una cuchara se estrae la materia contenida en la retorta, cuyo vientre debe estar enrojecido, para que el cloruro de calcio permanezca fundido, lo que permite que se haga la limpieza muy fácilmente; por último se retira el fuego, y cuando la retorta esta fria, puede volverse á cargar y empezar otra operacion. Una vez montado este aparato, continúa indefinidamente su servicio, lo que permite enlodar las junturas del aparato de Woulf con mucho cuidado. En la construccion de este aparato pueden emplearse tubos de vidrio ó de plomo segun convenga.

289. En algunas fábricas hacen uso de una marmita de fundicion, sobre la cual se fija con soldadura de plomo una tapadera igualmente de fundicion, que lleva un tubo de hierro en su centro. Esta tapadera descansa sobre un rodete de soldadura que sobresale unas dos pulgadas por encima de ella (fig. 2 lám. 12). El espacio que resulta vacío se llena de agua que se tiene el cuidado de renovar para evitar la fusion de la soldadura. Cuando la operacion ha terminado, es preciso fundir la soldadura y levantar la tapadera para estraer el resíduo de la marmita. A pesar de este inconveniente como este aparato es fácil de construir en todas partes, se recomienda por su simplicidad. Bien se advierte que en una esplotacion muy activa pudiera sustituirse á la retorta ó á la marmita un cilindro de fundicion semejante á los que se emplean en la estraccion del ácido hidroclórico. Pero en este último caso, habrá que privarse de una ventaja particular á las dos construcciones pre-

cedentes. Esta consiste en reemplazar la cal viva en polvo por una masa clara de cal. La presencia del agua hace el desprendimiento del gas mucho mas facil, disolviendo el hidroclorato de amoniaco, de manera que la operacion se hace á una temperatura mucho mas baja.

290. El amoniaco líquido se prepara por el procedimiento que acabamos de esponer; pero puede hacerse esta preparacion con mucha mayor economía sustituyendo el sulfato de amoniaco al hidroclorato. El primero contiene 33 por 100 de amoniaco, y el segundo 29; la diferencia es como se advierte casi insignificante, suponiendo las dos sales igualmente secas. El precio del hidroclorato es sin embargo cuádruple, al poco mas ó menos del que tiene el sulfato: hay, pues, una economía de 60 por 100 cuando menos en el empleo de esta sal, que M. Payen recomienda con razon á los fabricantes. Los aparatos que se emplean son los mismos. Si se opera con adicion de agua la marcha es igualmente idéntica: si por el contrario la operacion se hace en seco, es necesario pulverizar las masas con el mayor cuidado y hacer la mezcla con mucha exactitud. Estas precauciones dimanan de la diferencia que existe entre el hidroclorato y el sulfato relativamente á la accion del calor. Siendo el primero de estos cuerpos volátil, se efectúa la mezcla por sí misma; y no teniendo el segundo esta propiedad, esperimenta una descomposicion que hace perder una parte del amoniaco; porque el sulfato de amoniaco se trasforma en sulfito del mismo, en agua y en azoe.

Aire atmosférico.

291. Segun lo que hemos dicho al hablar del azoe, la composicion del aire se halla establecida aproximadamente.

Hemos visto que este cuerpo estaba formado de azoe, puesto que hemos podido estraer de él este gas; de oxígeno, puesto que el fósforo se quema en él produciendo ácido fósforico; de ácido carbónico, como lo prueba el ser absorvido en parte por la potasa, que se trasforma en subcarbonato; y en fin, de vapor acuoso. La proporcion de cada uno de estos cuerpos, las propiedades generales del aire y sus modificaciones deben ser examinadas con cuidado.

292. Es sumamente facil convencerse de que el aire contiene vapor acuoso en las circunstancias ordinarias. Si se hace una mezcla de dos partes de hielo molido y una de sal marina en polvo, se introduce en un frasco, cuya superficie esterior esté bien seca, y se coloca en un sitio donde el aire se halle bien seco tambien en apariencia; al cabo de algunos segundos se observará que el frasco se halla rodeado de una especie de humo debido á la precipitacion del vapor, y sus paredes se cubrirán bien pronto de pequeños cristales de agua solidificada, semejante por su aspecto á la escarcha que se deposita en la superficie del suelo. Esta cantidad de vapores es variable; las obras de física manifiestan todo cuanto hay que saber sobre este asunto.

293. Con la misma facilidad se demuestra la existencia del ácido carbónico en el aire. Basta para ello el esponer á la accion de este fluido aquellos cuerpos qne tienen la propiedad de absorver á este ácido, para que al cabo de un espacio de tiempo bastante corto se hallen completamente saturados. El hidrato de potasa, de sosa, de barita, de estronciana, de cal, ó la disolucion acuosa de estos cuerpos se hallan en este caso. El esperimento es muy facil, particularmente con la barita, la estronciana ó la cal, que forman carbonatos insolubles. Si se colocan por consecuencia dos ó tres litros (4 á 6 cuartillos)

de disolucion acuosa de cal en un barreño, y se espone al contacto del aire libre, bien pronto la superficie del líquido se cubrirá de una película blanca, que se dividirá fácilmente por la agitacion en pequeñas escamas que pasarán á colocarse al fondo del vaso. Al cabo de algunos momentos, una nueva película reemplazará á la precedente, y agitando de tiempo en tiempo el líquido concluirá por obtener una cantidad notable de esta materia, que podrá reconocerse fácilmente por carbonato de cal, que tiene la propiedad de suministrar ácido carbónico por la accion del ácido nítrico; por ejemplo, haciendo pasar á este al estado de nitrato de cal.

294. Si es facil demostrar la presencia del ácido carbónico en el aire, no lo es tanto el determinar con exactitud la proporcion en que se halla; esta es variable, como es facil presumir, atendiendo á la causa que produce este gas. En efecto, los manantiales del ácido carbónico que se encuentran en la atmósfera, son incontestablemente la respiracion de los animales, la descomposicion de las materias orgánicas despues de la muerte y de la combustion del carbon que contienen estas mismas materias, cuando las aplicamos á la produccion del calor ó de la luz. Si se añade á todas estas causas variables que tienden á estraer el oxígeno de la atmósfera, la accion de otra que se ejerce en sentido contrario y que varia segun las estaciones, podremos formarnos una idea de la poca estabilidad de las proporciones de ácido carbónico que el aire debe contener. Bien se concibe en efecto, que el aire tarde ó temprano seria despojado del oxígeno, si no sucediera la descomposicion del ácido carbónico á su formacion contínua.

295. Tal es el importante papel que hace la materia verde de las plantas. Todas las partes de los vegetales dotadas de

este color, tienen la propiedad de descomponer el ácido carbónico, bajo la influencia de la luz solar, de apoderarse del carbono que contiene, y de exhalar al estado de pureza y libertad todo el oxígeno que le constituye. No se oculta que este fenómeno deberá ser examinado con detencion mas adelante y que lo que acabamos de esponer basta para demostrar que debe ser considerado como la consecuencia de una de las leyes mas notables de la naturaleza.

No es por lo tanto admirable que á pesar de la cantidad tan considerable de ácido carbónico que se produce por las causas indicadas, la proporcion de este cuerpo sea estremadamente pequeña en el aire comun. Asi en vano pretenderemos determinar su proporcion, agitando una cantidad conocida de aire en un tubo graduado con una disolucion de potasa. El gas ácido carbónico seria absorvido; pero esta absorcion no produciria alteracion sensible en el volúmen del gas.

296. M. Thenard se ha servido para esta determinacion de un medio que parece susceptible de la mayor exactitud. Este medio consiste en trasportarse al sitio de donde se pretende analizar el aire, provisto de un balon de llave, cuya capacidad sea de diez ó doce litros (20 á 24 cuartillos), y de una máquina neumática que tenga un tubo flexible susceptible de adaptarse al balon. Se hace en este el vacío, y practicada esta operacion se abre la llave del balon para dar entrada al aire atmosférico, y por este medio se tiene una cantidad conocida de aire de aquel sitio, á una temperatura y presion conocidas. Se introducen en el balon 300 ó 400 gramas (6009 á 8012 granos) de disolucion acuosa de barita, y se agita durante 10 minutos ó menos, teniendo el balon bien cerrado. La barita se apodera del ácido carbónico, forma un carbonato insoluble y el aire queda en el balon despojado completamente

del ácido carbónico. Entonces se hace de nuevo el vacío en el balon, se intruduce otra cantidad de aire, se agita la disolucion de barita y se repite esta operacion 20 ó 30 veces. Se conoce la capacidad del balon y por consecuencia el volúmen de aire empleado; se pesa el carbonato de barita obtenido, y por la composicion conocida de esta sal se deduce el volúmen del ácido carbónico absorvido. Los datos del esperimento de M. Thenard son los siguientes: 288,247 litros de aire (23024,520 pulgadas cúbicas), á la temperatura de 12°,5, y bajo la presion de 0.76^{m} (32,731 pulgadas), han producido 0,966 gramas (19,320 granos) de carbonato de barita, que representan 0,2158 gramas (4,3160 granos) de ácido carbónico. Se obtiene por resultado de este esperimento que

10,000 partes de aire en volúmen contiene 3,71 de ácido carbónico.

ó bien que

10,000 partes de aire en peso contienen 6,03 de ácido carbónico.

El esperimento de M. Thenard fué practicado en diciembre de 1812 en un hermoso dia, y sobre el aire de una pequeña montaña lejos de todo lugar habitado.

297. No parece imposible que una porcion del ácido carbónico pueda escapar á la accion de la barita en este esperimento. M. Thenard ha hecho conocer estos temores sobre el particular, y Teodoro de Saussure habiendo emprendido investigaciones de la misma naturaleza, ha modificado el procedimiento de manera que se pueden evitar estos inconvenientes. Para esto, hace el vacío en un gran balon, que llena en seguida del aire que pretende analizar; coloca en el interior del balon un frasco de una boca muy ancha, que

contiene la disolucion de barita, cierra el balon y le abandona á sí mismo durante dos meses, teniendo cuidado de agitar de tiempo en tiempo el líquido. Despues de este término, recoge y pesa el carbonato de barita formado. Este método se hace de una aplicacion muy difícil por su lentitud, y por otra parte puede temerse que los resultados no tengan toda la precision que se necesita, á causa de la pequeña cantidad de carbonato de barita que se obtiene. Los resultados observados por Teodoro de Saussure sobre el aire tomado en un tiempo sereno, á cuatro pies del suelo, á la superficie de una pradera seca y aireada, situada sobre las orillas de un lago á una legua de Génova, son como sigue:

10,000 partes de aire en volúmen han producido.

Años.	Meses.	Termómetro.	Acido carbónico.	Acido carbónico.
1809	—31 de enero.	— 5.°	4,57	——
1810	—20 de agosto.	+ 22.°	——	7,79
1811	— 2 de enero.	— 6.°	4,66	——
1811	—27 de julio..	+ 22.°	——	6,64
1812	— 7 de enero.	+ 1,2.°	5,14	——
1815	—15 de julio..	+ 29.°	——	7,13

Término medio de invierno en volúmenes. 4,79 id. de estío. $\frac{}{7,13}$

10,000 de aire en peso contendrán:

Medio de invierno. 7,28 id. de estío. 10,83

298. Esta cantidad no es muy grande, y sin embargo es lo suficiente para inspirar algunas dudas sobre la exactitud de estos resultados. Los medios de observacion no carecen de precision, pero seria muy conveniente que pudieran hacerse

mas espeditos. Entonces se repetirian estos esperimentos en circunstancias variadas, y se podria seguir en sus pormenores la notable ley á que parece ha llegado Mr. Saussure. Se advierte en efecto, que segun este observador, la proporcion de ácido carbónico es mucho mayor en estío que en invierno, lo que parece á primera vista contradictorio atendiendo á que las partes verdes de los vejetales, descomponen mayor cantidad de ácido carbónico en estío que en invierno, y á los resultados de las investigaciones de M. Edwards, por los cuales parece muy cierto que la respiracion del mismo animal produce mas ácido carbónico en invierno que en estío.

¿Pero esta influencia de las estaciones es verdadera? ¿Si existe su efecto no debe ser limitado, y la agitacion contínua de la atmósfera no debe ocasionar prontamente la difusion de las diversas capas? Estas cuestiones distan mucho de estar aclaradas; y si por una parte es cierto que el ácido carbónico del aire varía segun las estaciones, en las circunstancias en que se ha colocado M. Saussure, tambien es probable por otra, que la composicion general del aire no es variable, y que las proporciones de oxígeno absorvido y de oxígeno desprendido en los diversos puntos del globo se equilibran mútuamente. Mirando bajo este punto de vista los resultados de M. Saussure serán influencias por causas locales, y no podrán dar una idea justa de la proporcion de ácido carbónico contenido en la masa de la atmósfera.

Pero sea lo que quiera, como las proporciones que indica parecen superiores á las que se hallarian en el aire tomado á su estado medio de composicion, debemos concluir que la cantidad de ácido carbónico contenida en el aire no es muy grande en ninguna ocasion.

299. Acabamos de ver lo facil que es probar la existencia del ácido carbónico en el aire; y no lo es menos el demostrar la del oxígeno: una multitud de esperimentos á propósito para poner en evidencia esta verdad se ofrecen á la imaginacion; pero hay uno que fué puesto en uso por Lavoisier, y que será siempre preferible por su sencillez. Este esperimento está fundado en la propiedad que tiene el mercurio de oxidarse á una temperatura determinada, y de volver á tomar su estado metálico abandonando al gas oxígeno, cuando ha pasado de esta temperatura. Este esperimento fué practicado por Lavoisier en un matraz de 36 pulgadas cúbicas de capacidad, cuyo cuello muy largo y de 6 á 7 líneas de diámetro, estaba encorbado de manera que venia á colocarse á la parte superior del interior de una campana que descansaba sobre el mercurio. Introdujo 4 onzas de mercurio en el matraz, y por medio de un sifon estrajo una porcion del aire contenido en la campana, por cuyo medio pudo notar la altura del mercurio, la temperatura y la presion. Dispuesto todo de esta manera, calentó el mercurio hasta la ebullicion, y le mantuvo casi continuamente á esta temperatura durante 12 dias. En el primer dia no se manifestó fenómeno alguno particular; el mercurio se evaporaba, pasaba á condensarse en gotas pequeñas á la parte superior del matraz, y estas volvian á caer al fondo cuando habian adquirido el volúmen suficiente. Al segundo dia advirtió que nadaban á la superficie del mercurio ciertas particulillas rojas, que durante cuatro ó cinco dias aumentaron en número y en volúmen, y en lo sucesivo parece quedaron estacionarias. Al cabo de este término puso fin al esperimento, y halló que el aire contenido en el aparato habia disminuido de volúmen, y que en vez de 50 pulgadas cúbicas no quedaban sino 40 ó 43. Por

otra parte reunió todo el óxido rojo de mercurio, cuyo peso era de 45 granos; le calentó en una retorta de vidrio muy pequeña y provista de un recipiente y un tubo encorvado, y descomponiéndole en su totalidad á una temperatura roja, obtuvo 42 ½ granos de mercurio, y 7 á 8 pulgadas cúbicas de gas oxígeno puro.

El aire habia, pues, cedido en estas circunstancias una cantidad de oxígeno igual á una sesta parte de su volúmen; pero observaremos que el mercurio no habia podido absorver todo el que contenia realmente.

300. En efecto, si ponemos en un eudiómetro de Volta 100 partes de aire, 100 de gas hidrógeno muy puro, y hacemos detonar la mezcla, quedarán 137 partes de gas. De aqui concluiremos que 43 partes de mezcla se trasforman en agua, es decir, que 42 partes de hidrógeno se combinan con 21 de oxígeno. Proviniendo el oxígeno en su totalidad del aire, 100 partes de este fluido deben contener 21 de este gas.

301. A las mismas consecuencias seremos conducidos si colocamos sobre el mercurio en un tubo estrecho y graduado 100 partes de aire en contacto con un cilindro de fósforo bastante largo para ocupar todo el espacio vacío del tubo. Es necesario que el fósforo esté sujeto á un alambre de hierro flexible, y que el tubo contenga una pequeña cantidad de agua. Tomando estas precauciones, el ácido fosfórico que se forma se disuelve con prontitud, el aire por este medio se halla siempre en contacto con una superficie de fósforo puro, y la absorcion del oxígeno se efectúa con gran facilidad. El esperimento habrá terminado cuando trasportando el aparato á la oscuridad no presente el fósforo la superficie luminosa. Entonces se retira este cuerpo por medio del alambre, y se mide

el resíduo gaseoso despues de haberle agitado durante algunos instantes para determinar la precipitacion del vapor de fósforo. Este esperimento dura en verano algunos minutos; si la temperatura es baja dura un poco mas, y algunas veces se prolonga hasta tres horas. En todos casos, dirigiéndole segun se ha indicado, puede asegurarse que se obtendrán por resíduo 79 partes de azoe.

302. Como no siempre hay disposicion para tener un cilindro de fósforo amoldado como lo exige el procedimiento anterior, se prefiere en muchas ocasiones la combustion viva del fósforo. Esta se ejecuta sobre el agua por medio de una campana encorvada. Despues de haber introducido en la campana 100 partes de aire, se hace llegar á su parte encorvada una media grama (10 granos) de fósforo. Este cuerpo se calienta por medio de una lámpara de espíritu de vino. En el primer instante se calienta con suavidad á causa de la pequeña cantidad de agua que se conserva en la parte encorvada de la campana; pero cuando esta se ha evaporado, es necesario calentarla vivamente para que el fósforo se inflame. Este acto se conoce porque se presenta una llama verde en lo interior de la campana, bajo la forma de una aureola. Si se continúa calentando la campana, esta aureola se aleja poco á poco de la parte encorvada, recorre todo el espacio ocupado por el aire, y concluye por llegar á la superficie del agua, donde parece estinguirse. Facil es comprender lo que pasa en este esperimento. El fósforo se evapora, y su vapor solo puede arder en el punto donde encuentra al oxígeno. La llama verde indica á la vez la marcha del vapor de fósforo y la absorcion del oxígeno. Hemos recomendado el que se caliente fuertemente el fósforo asi que el agua se ha evaporizado. En efecto, sin esta precaucion el fósforo se evaporizará á su vez sin in-

flamarse, la campana se llenará de una mezcla de oxígeno, de azoe y de vapor de fósforo, y cuando la temperatura se eleve de repente lo bastante para producir la combustion de este cuerpo, la inflamacion repentina de la mezcla producirá una detonacion que romperá la campana y arrojará á lo lejos el fósforo inflamado. Este inconveniente no es de temer jamás practicando cuidadosamente la operacion segun se ha marcado. Se concibe por otra parte, que todo el oxígeno es absorvido, que el fósforo pasa al estado de ácido fosfórico, y que el gas azoe queda libre ó mezclado con un poco de vapor de fósforo, del que se puede separar fácilmente por la agitacion con una disolucion acuosa de potasa; 100 partes de aire tratadas por este procedimiento dejan siempre por resíduo 79 de azoe.

303. El aire atmosférico está, pues, compuesto de 21 de oxígeno y 79 de azoe, de algunas milésimas de ácido carbónico, y en fin, de una cantidad variable de vapor de agua. El ácido carbónico y el agua se hallan indudablemente al estado de mezcla, pero no sucede lo mismo con el gas azoe y el oxígeno.

M. Prout y algunos químicos ingleses han creido que la relacion de 21 á 79 que existe entre el oxígeno y el azoe en el aire se aproxima bastante á la de 20 á 80, ó de 1 á 4, para que este fluido deba considerarse como una verdadera combinacion de proporciones definidas. Esta suposicion no ha sido justificada por los hechos conocidos despues de tanto tiempo, sino mas bien destruida por los recientes esperimentos de M. Dulong.

Con respecto á los fenómenos ya conocidos, basta examinar uno solo. Si el aire fuera un compuesto, se disolveria integralmente en el agua, mientras que con este líquido se con-

duce al contrario como una simple mezcla de gases. El agua puesta en contacto con el aire disuelve oxígeno y azoe, pero la proporcion del primero es mayor que en el aire. La relacion determinada por la esperiencia entre los gases disueltos, es precisamente como la indica el cálculo, no siendo el aire sino una simple mezcla.

A esta prueba bastante directa, añade M. Dulong otra que lo es todavia mas. Todos los gases compuestos tienen un poder refringente mas grande ó mas pequeño que el de sus componentes. El aire por el contrario, presenta un poder refringente perfectamente igual á la suma de el del oxígeno y el azoe que le constituyen. Esta propiedad es precisamente la misma que presentan todas las mezclas de gases que no obran uno sobre otro.

El aire no es por lo tanto sino una simple mezcla de oxígeno y de azoe, y de ninguna manera una combinacion.

304. La composicion de aire haciendo abstraccion del ácido carbónico y del vapor de agua, y tomado en un sitio que se halle fuera de las influencias locales y pasageras, como la respiracion de muchos hombres ó animales reunidos en un sitio estrecho y cerrado, parece invariable. Se han practicado diferentes esperimentos en un gran número de ciudades de Europa, en Egipto, en América, y en fin, á una altura de 7000 metros (25122,482000 pies) por M. Gay-Lussac, y siempre han hallado las mismas proporciones de oxígeno y azoe.

Es inútil examinar las propiedades químicas del aire minuciosamente, porque en cada cuerpo tendremos necesidad de esponer los efectos que produce sobre este fluido. En cuanto á sus propiedades físicas, son demasiado conocidas de todo el mundo, y ademas, pertenecen á las leyes generales que rigen á los cuerpos gaseosos.

Protóxido de azoe.

305. *Propiedades.* Este cuerpo es un gas sin color, sin olor, y de un sabor azucarado. Su densidad es igual á 1,5269. Ofrece una anomalía singular que consiste, en que siendo impropio para la respiracion, pues asfixia prontamente á los animales y al hombre causándole una especie de embriaguez, alimenta la combustion mejor que el aire. Vuelve á encender como el oxígeno las bugías que se introducen en su atmósfera, con tal que conserven algun punto en inicion; este hecho es muy dificil de esplicar, porque si bajo el mismo volúmen contiene mayor cantidad de oxígeno que el aire, mucha mas contiene el deutóxido de azoe, y lejos de presentar esta propiedad, apaga las luces que se introducen en él. El protóxido de azoe se trasforma por la accion de una temperatura elevada en ácido nitroso y en azoe.

El oxígeno y el aire no tienen accion sobre él, á la temperatura ordinaria.

El hidrógeno le trasforma en agua y en azoe, bien sea por el intermedio del calor rojo, bien por la accion de una chispa eléctrica. El cloro, el bromo y el iodo no tienen accion sobre él.

El azufre bien inflamado continúa ardiendo dentro de este gas, y produce ácido sulfuroso. El fósforo presenta el mismo fenómeno, y produce ácido fosfórico: en ambos casos el azoe queda en libertad.

El agua disuelve la mitad de su volúmen al poco mas ó menos, y el alcohol mayor cantidad todavia.

306. *Composicion.* Este gas está formado de un volúmen de azoe, y medio volúmen de oxígeno condensados en

uno solo. Para demostrarlo se calienta un volúmen determinado de protóxido de azoe en una campana encorbada y una cantidad de sulfuro de bario que se apodera de todo el oxígeno, pasando al estado de sulfato de barita. Despues de esta operacion se observa que resta un volúmen de azoe igual al del gas empleado. Luego si se quita de 1,5269 densidad del protóxido de azoe 0,976 densidad del azoe, quedará 0,5509 que difiere bien poco de 0,5513, densidad media del oxígeno.

Este cuerpo está, pues, formado de

2 át. azoe.......=	177,04 ó bien	62,82
1 át. oxígeno....=	100,00	37,18
2 át. protóxido..=	277,04	100,00

307. *Preparacion.* Esta preparacion está fundada sobre una de las reacciones mas notables de la química.

Se obtiene este gas, calentando el nitrato de amoniaco desecado. Se ponen en una pequeña retorta provista de un tubo encorbado, de 20 á 25 gramas (400 á 500 granos) de esta sal; se coloca la retorta sobre un horno y se eleva poco á poco la temperatura, teniendo cuidado de no hacerla llegar al grado rojo oscuro, porque á este grado y aun algo mas bajo, la descomposicion será tan rápida que se efectuará con esplosion; el nitrato se funde al momento, se descompone y trasforma en agua que se condensa, y en protóxido de azoe que se recoge en frascos llenos de agua. Es necesario tapar bien estos frascos á medida que se llenan para evitar el efecto de la pequeña solubilidad del gas en el agua.

Los productos de esta operacion son agua y protóxido de azoe. El cálculo de la reaccion es el siguiente:

Atomos empleados.

4 át. amoniaco ... =	6 hidróg. 2 azoe.
1 át. ácido nítrico =	5 oxígeno. 2 azoe.
6 át. agua. .... =	6 hidróg. 3 oxígeno.
4 át. prot. azoe.. =	4 azoe. 2 oxígeno.

El nitrato de amoniaco contiene siempre agua de cristalizacion; pero esta, se desprende á medida que se efectúa la descomposicion, sin intervenir en el fenómeno.

Deutóxido de azoe.

El deutóxido de azoe es designado todavia por algunos químicos bajo los nombres de *gas nitroso*, *óxido nitroso*, *óxido nítrico*, *óxido de azoe*.

308. *Propiedades.* Este cuerpo es gaseoso, incoloro, y probablemente sin olor. No tiene accion sobre la tintura de tornasol; su peso específico es de 1,039.

Apaga los cuerpos en combustion y causa una asfixia repentina á los animales que se introducen en él. No puede respirarse sin peligro el aire que se halla mezclado con algunas cantidades aunque pequeñas de este gas. Efectivamente, apenas se encuentra en contacto con el aire ó mas bien con el oxígeno, pasa de repente al estado de ácido nitroso que aparece en forma de vapores rojos muy subidos. Para asegurarse de ello, basta mezclar estos gases en una campana sobre el agua. Los vapores rojos aparecen en seguida, despues se des-

truyen poco á poco á medida que el agua obra sobre el ácido nitroso formado. El producto puede hacerse permanente, para lo cual basta mezclar los gases en un balon donde se haya hecho el vacío y preservar el deutóxido formado del contacto del agua.

El deutóxido de azoe se descompone por el calor en ácido nitroso y en azoe lo mismo que el protóxido.

309.—*Preparacion.* Este gas se obtiene siempre tratando el ácido nítrico por los metales. Para obtenerle perfectamente puro es necesario servirse del mercurio. Este metal se introduce en un balon pequeño y se vierte sobre él el ácido nítrico; el balon se calienta con suavidad, el gas se desprende y recoge sobre el agua por medio de un tubo encorbado. Ademas del deutóxido de azoe que se desprende se forma nitrato de protóxido ó de deutóxido de mercurio.

Comunmente se prefiere el cobre al mercurio porque es mas barato, y porque la accion se produce sin elevar mucho la temperatura; pero en este caso es bastante dificil evitar la produccion de un poco de protóxido de azoe. A medida que la accion se efectúa, la temperatura de la mezcla se eleva y los gases cambian bien pronto de naturaleza hasta tal punto, que en vez de recoger deutóxido de azoe, solo se obtienen unas mezclas de deutóxido y de protóxido, en las cuales este último concluye por predominar. Este inconveniente puede remediarse por medio de las siguientes precauciones. Se toma ácido nítrico del comercio, se le añade vez y media ó dos veces su volúmen de agua y se deja enfriar la mezcla. En un frasco de dos bocas se introducen 40 ó 50 gramas (800 á 1000 granos) de torneaduras de cobre. A una de las bocas se adapta un tubo derecho y á la otra un tubo encorbado (Lám. 4, fig. 12). Este frasco se coloca dentro de un barreño lleno de

agua fria, y por el tubo derecho se vierten cerca de 100 gramas (unos 2003 granos) de ácido nítrico debilitado. A poco tiempo la reaccion se manifiesta, el deutóxido de azoe se desprende y el aire contenido en el frasco se hace rutilante.

Poco á poco el ácido nitroso formado y el azoe procedente del aire, son espulsados por el deutóxido de azoe que se forma. Se conoce que está puro, cuando agitándole con una disolucion de sulfato de protóxido de hierro, es absorvido completamente. Teniendo la precaucion de renovar el agua fria que contiene el barreño á medida que se va calentando, se formará muy poco protóxido de azoe ó tal vez ninguna cantidad de este gas. Por otra parte, se hallará en el frasco una disolucion de nitrato de deutóxido de cobre. El cálculo de la reaccion es el siguiente:

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
3 át. cobre	=1187,07	2 át. deutóxido de azoe............	=1377,04
4 át. ácido nítrico seco.............	=2708,16	3 át. nitrato de deutóxido de cobre.	=3518,19
	3895,23		3895,23

310. *Composicion.* — El deutóxido de azoe está formado de volúmenes iguales de oxígeno y azoe sin condensacion. Se analiza por los mismos procedimientos que el protóxido; está formado de

1 át. azoe..............	= 88,52	ó bien	46,96
1 át. oxígeno	=100,00		53,04
2 át. deutóxido	=188,52		100,00

Acido hipo-nitroso.

311. Este ácido no existe sino en el estado de combinacion con las bases salidificables. Forma todas las sales conocidas antiguamente con el nombre de *nitritos*, y es de sentir que no se haya conservado esta denominacion, porque el ácido hipo-nitroso corresponde al ácido fosforoso y no al hipo-fosforoso, como lo indica al parecer su nombre actual.

No consideraremos aqui sino la composicion de este ácido, puesto que no se le conoce al estado de libertad. Esta composicion ha sido establecida con mucha exactitud por M. Gay-Lussac, á quien debemos verdaderamente el descubrimiento de este cuerpo, sobre el cual no teniamos antes sino unas ideas confusas. Este cuerpo se forma siempre que se pone en contacto el deutóxido de azoe con una base salificable muy enérgica disuelta en el agua. La reaccion es lenta, pero completa. El deutóxido se trasforma en protóxido que queda libre, y en ácido hipo-nitroso que se une á la base. Se hace uso por lo comun de una disolucion de potasa muy concentrada; se pone una cantidad determinada de gas en contacto con la disolucion cáustica, por espacio de un mes ó dos sobre el mercurio, y se encuentra al cabo de este tiempo el protóxido por resíduo, y el hipo-nitrito en disolucion con el esceso de potasa. Los detalles del esperimento en volúmenes ó en átomos son los siguientes:

	Deutox. empleado.	Protox, restante.	Acido hipo-nitroso.
Azoe	100	50	50
Oxígeno	100	25	75

es decir, que empleando 200 volúmenes de deutóxido, se hallan 50 de protóxido por resíduo.

Este ácido se forma tambien, siempre que el oxígeno se halla en presencia de un esceso de deutóxido de azoe y una base salificable poderosa en disolucion. Entonces se encuentra por resíduo deutóxido de azoe puro. Por este método el esperimento es muy pronto : el efecto se completa en algunos minutos. Estos son los resultados de la operacion en volúmenes ó en átomos :

Atomos empleados.		Atomos producidos.	
6 át. deutóxido.=	3 at. azoe. 3 át. oxígeno.	2 át. deutóxido.=	1 át. azoe. 1 át. oxígeno
1 át. oxígeno.		1 át. ácido hipo-nitroso.=	2 át. azoe. 3 át. oxígeno.

es decir que con 6 volúmenes de deutóxido de azoe, 1 volúmen de oxígeno y una disolucion de potasa, se obtiene por resíduo 2 volúmenes de deutóxido de azoe y de hipo-nitrito de potasa.

El ácido hipo-nitroso está, pues, formado de :

2 át. azoe..............	=177,04	ó bien	37,12
3 át. oxígeno...........	=300,00		62,88
1 át. ácido.............	=477.04		100,00

Acido nitroso.

312. Bajo este nombre se conoce un compuesto, del cual hemos hecho ya mencion muchas veces, al ocuparnos de la preparacion del ácido sulfúrico. Tal vez seria mas propio llamarle ácido hipo-nítrico por analogía con el ácido

hipo-fosfórico, porque ahora vamos á observar que su existencia como ácido distinto es cuando menos muy dudosa. En efecto, este ácido asi como el hipo-fosfórico, no puede unirse á las bases y constituir sales paticulares; se destruye tambien por el agua, y no parece susceptible de combinarse sin alteracion, sino con los ácidos poderosos. Sus propiedades y composicion han sido el objeto de una multitud de equívocos muy bien aclarados por los señores Gay-Lussac y Dulong.

313. *Propiedades físicas.*—Este cuerpo es líquido á la temperatura y presion ordinaria. Su color varía segun la temperatura; asi de 15.° á 28.° es de un amarillo naranja; á 0.° de un amarillo leonado; á 10.° c. bajo cero, casi incoloro, y á 20.° bajo cero es siempre incoloro. Tiene un sabor muy cáustico y un olor muy fuerte; su densidad el de 1,451; enrojece la tintura de tornasol, tal vez únicamente en razon de su descomposicion por el agua; mancha la piel de amarillo y la desorganiza en el instante.

Hierve á los 28.° bajo la presion ordinaria, y se convierte en un gas rojo de naranja. Su tension es bastante fuerte para esparcir vapores rojos en la atmósfera y colorar de amarillo rojizo á todos los gases con que se le pone en contacto, aun cuando la temperatura sea muy baja.

314. *Composicion.*—El ácido nitroso puede analizarse fácilmente, como lo ha hecho M. Dulong, descomponiéndole á una temperatura elevada por medio del cobre. El ácido se pone en una retorta que comunica con un tubo de porcelana, donde se ha colocado el cobre en alambre ó torneadura. Al otro estremo del tubo de porcelana, se adapta otro de vidrio encorbado á propósito para poder recoger el gas. El cobre se calienta hasta el grado rojo, se hace hervir al ácido suavemente, y al pasar sus vapores por el cobre enrojecido se des-

componen oxidando al cobre, y quedando el azoe en libertad. El gas se mide y el cobre se pesa despues del esperimento para determinar el aumento que ha adquirido debido al oxígeno que se ha fijado en él.

M. Gay-Lussac habia determinado ya la composicion del ácido nitroso por un procedimiento muy riguroso, y habia fijado la contraccion de sus elementos. Tomando un balon pequeño, determinando su capacidad con cuidado y suponiendo que esta sea de 400 centímetros cúbicos por ejemplo (55212 líneas cúbicas) haciendo el vacío en el balon; pasando 200 centrímetros cúbicos (27606 líneas cúbicas) de deutóxido de azoe; y poniéndole en comunicacion por medio de su llave con una campana llena de oxígeno seco, el deutóxido pasará repentinamente al estado de ácido nitroso, y se observará que han entrado 400 centímetros cúbicos de oxígeno en el balon; lo que representa á la vez el oxígeno combinado y el que ha reemplazado al deutóxido que ha desaparecido por la contraccion de los elementos. Este esperimento puede reproducirse introduciendo 100 partes de oxígeno en el balon, y poniendo este en comunicacion con una campana que contenga deutóxido de azoe seco; al momento se formará ácido nitroso despues de haber pasado al balon 200 partes de deutóxido de azoe. Luego en el primer esperimento la absorcion es igual á 200 y es producida por 200 de deutóxido de azoe; y en el segundo es tambien de 200 y ocasionada por otros 200 de este mismo gas que ha entrado en combinacion; pero como no hemos empleado sino 100 de oxígeno, el ácido formado debe resultar de 200 de deutóxido y 100 de oxígeno condensados en 100; ó bien partiendo de la composicion del deutóxido, de 100 de azoe y 200 de oxígeno condensados en 100, es decir:

1 át. azoe...........	= 88,52	ó bien	30,69
2 át. oxígeno........	=200,00		69,31
1 át. ácido nitroso.	=288,52		100,00

Cuya composicion puede tambien representarse por

1 át. ácido nítrico......	=2 át. azoe.+5 át. oxígeno.	
1 át. ácido hipo-nitroso.	=2 át. azoe.+3 át. oxígeno.	
	4 át. azoe.+8 át. oxígeno.	

lo que conviene ademas con las señales características de su historia.

315. *Propiedades químicas.*—El oxígeno seco no tiene accion sobre este gas; en igual caso se halla el cloro, el bromo y el iodo. El fósforo y el azufre le descomponen rápidamente ayudados del calor, y pasan al estado de ácidos fosfórico y sulfuroso. Algunos hidrácidos le roban el oxígeno, otros no tienen accion sobre él. Los ácidos hidro-clóricó é hidro-brómico se hallan en este último caso. Los hidro-iódico, hidro sulfúrico é hidro-selénico al contrario, le descomponen y dan agua, iodo, azufre y selenio. Lo mismo pasa con el gas hidrógeno proto ó perfosforado, que se inflaman repentinamente por el contacto de este cuerpo en vapor, y producen violentas detonaciones. Los productos de estas diversas reacciones son fáciles de prever.

El ácido sulfúrico concentrado se combina repentinamente con este cuerpo, y produce un compuesto cristalino, del cual hemos hecho ya conocer las propiedades. La accion del ácido sulfuroso ha sido ya estudiada (167). El ácido nítrico

le disuelve sin alterarse, y toma colores variados que estan en razon del grado de contraccion á que se halla. M Gay-Lussac, á quien se deben estos esperimentos, ha observado que el ácido concentrado, cuya pesantez sea 1,510, absorve mucha cantidad de ácido nitroso y adquiere ûn color moreno; que siendo su gravedad 1,41 absorve menos, y se hace amarillo; cuando pesa 132 absorve todavia menos y y presenta un color verde; en fin, que cuando su peso específico es solo 1,15, ó menos todavía, obra sobre él como el agua al poco mas ó menos. Añadiendo agua á los ácidos densos que se hallan saturados de ácido nitroso, pierden una parte de este y toman los colores correspondientes á sus nuevas densidades. Por este medio se hace pasar á voluntad el ácido moreno al amarillo y al verde, y en seguida al color blanco. Por la inversa añadiendo ácido sulfúrico concentrado al ácido verde se le trasforma en amarillo y de aqui pasa al moreno por otra nueva adicion, y asi á medida que la densidad de la mezcla se eleva. M. Gay-Lussac admite en consecuencia de esto que los colores que se observan deben atribuirse á la densidad del líquido en que tienen su oxígeno.

Cuando se hace parar el ácido nitroso en vapor sobre la barita seca á la temperatura ordinaria, es absorvido por este cuerpo con lentitud; pero á la temperatura de 200° c. la absorcion es mny viva, se manifiesta una incandescencia repentina, y se produce *nitrato é hipo-nitrito de barita*; fenómeno doblemente notable, porque el ácido obra en estas circunstancias como una combinacion de ácido nítrico é hipo-nitroso, y en que las dos sales se producen á una temperatura muy superior á la que seria suficiente para efectuar su descomposicion una vez formadas. Para comprender

el efecto de las bases hidratadas, es necesario estudiar desde luego la accion del agua.

316. La accion del agua sobre este cuerpo es muy notable. Tomando poca cantidad de ácido y mucha de agua y mezclando con rapidez estos dos líquidos, la descomposicion es completa, se desprende deutóxido de azoe, y queda ácido nítrico en la disolucion: esto debe suceder en todos los casos, porque el ácido hipo-nitroso se descompone por el agua en deutóxido de azoe y en ácido nítrico. Pero como este último puede disolver al ácido nitroso, se advierte que si la mezcla se forma de mucho ácido y poca agua, no podrá desprenderse gas, y que podrá obtenerse segun convenga el ácido nítrico moreno, amarillo ó verde, produciendo el agua añadida una descomposicion proporcional á su cantidad.

Con la potasa en disolucion concentrada se producen fenómenos muy complicados. La accion primitiva consiste sin duda en la formacion de cantidades correspondientes de nitrato y de hipo-nitrito de potasa; pero el esceso de agua de la disolucion de potasa, obrando sobre el ácido nitroso, le hace pasar en parte al estado de ácido nítrico y de deutóxido de azoe, de donde resulta una nueva dósis de nitrato, y un desprendimiento de deutóxido de azoe, siempre menor á la verdad, que el que provendria de la accion del agua.

317. No se conoce aun la accion del amoniaco seco sobre este cuerpo; pero el amoniaco líquido obra con energía, produciendo nitrato de amoniaco, deutóxido de azoe, y azoe; efecto muy complicado, pero fácil de comprender cuando se sabe que el hipo-nitrato de amoniaco no puede existir sino durante algunos instantes, y que se trasforma en agua y en azoe. El agua que tiene el amoniaco en disolucion trasforma por otro lado á una parte del ácido nitroso en ácido nítrico

y deutóxido de azoe. Todos estos efectos deben ser simultáneos, y la descomposicion del hipo-nitrito, que es repentina, proviene tal vez de la temperatura elevada que la reaccion determina.

La facilidad con que se esplican las principales reacciones del ácido nitroso considerándole como un ácido compuesto manifiesta cual útil será examinar con cuidado este compuesto de ácido sulfúrico y nitroso, que juega un papel tan principal en la preparacion del ácido sulfúrico. Hay ciertamente algo de problemático en su constitucion y propiedades poco conocidas á la verdad, pero que merecen un exámen muy atento.

318. *Preparacion.*—Nada hay mas fácil que la preparacion del ácido nitroso. Basta para formarle, como lo indican los señores Gay-Lussac y Dulong, el descomponer por medio del fuego un nitrato seco, con tal que no pertenezca á un metal alcalino. El nitrato de plomo es generalmente preferible á causa de la facilidad con que se puede obtener seco. Se toma pues, este nitrato, se pulveriza y espone durante algun tiempo en una cápsula á un calor de 120 ó 130°c., despues se introduce en una pequeña retorta bien enlodada con arcilla, el cuello de esta retorta se une á un tubo encorvado en forma de U, cuya curvatura se rodea con una mezcla de hielo y sal marina, que mantiene su temperatura á 20° bajo cero al poco mas ó menos, el tubo encorvado termina en punta con el fin de ofrecer un poco de resistencia al paso del vapor ó del gas. La retorta se calienta, y al momento el nitrato se descompone no hallando su ácido agua, se destruye y trasforma en ácido nitroso y oxígeno; este último se desprende, el primero se condensa enteramente en la curvatura del tubo y el óxido de plomo queda en la retorta.

Acido nítrico.

319. El ácido nítrico es el mas rico en oxígeno de todos los compuestos oxidados que puede producir el azoe. Su nombre que ha influido sobre el de todos los compuestos que acabamos de estudiar, se esceptúa de las reglas ordinarias de la nomenclatura, y queda en la ciencia como testimonio de los obstáculos que tuvo que vencer Lavoisier, cuando pretendió reedificar el antiguo edificio de la química. Por una concesion desgraciada y que él imaginó indispensable, el nombre de ácido azótico, en vez de ser formado de su radical real, fué tomado del nitrato de potasa, que entonces se conocia con el nombre de nitro ó sal de nitro. De alli vienen todos estos nombres de ácido nitroso, nítrico, nitrato etc. que forman una mancha tanto mas sobresaliente en la nomenclatura actual, cuanto que son tal vez los únicos que se hallan en este caso, y que por otra parte su creacion anómala, no ha sido motivado por ninguna circunstancia aparente. Ya seria tiempo que los químicos de comun acuerdo hiciesen entrar estas denominaciones en la regla comun reformando unos términos que repugnan á la vez, al gusto y á la buena lógica.

El ácido nítrico era conocido hacia mucho tiempo sin que su composicion fuera descubierta, cuando Cavendish por medio de un esperimento muy notable, descubrió su verdadera naturaleza y aun determinó bastante exactamente las proporciones de sus elementos. Para esto hizo sobre el mercurio una mezcla de aire y oxígeno, á la cual añadió un poco de agua que contenia potasa en disolucion. Esta mezcla la sometió á la accion de una série de chispas eléctricas que prolongó por mucho tiempo, y halló que una parte del oxígeno y del azoe

habian desaparecido, que el agua estaba cargada de nitrato de potasa, y que por consecuencia el ácido nítrico estaba formado de oxígeno y azoe.

En un esperimento hecho en grande y prolongado durante un mes, teniendo cuenta con todas las circunstancias en cuanto era posible, en una época en que las correcciones necesarias al volúmen de los gases en razon de la temperatura y de la tension del vapor de agua no eran aun bien conocidas, se halló que los gases habian desaparecido en la relacion de 1 volúmen de azoe y 2,3 de oxígeno; en el dia se sabe que cada volúmen de azoe toma 2,5 de oxígeno para constituir el ácido nítrico y la diferencia que solo es $\frac{1}{22}$ sobre el oxígeno es mas bien debida á la impureza de este gas ó á los errores de cálculo, que á una falta real en la marcha del esperimento que fué conducido con el mayor cuidado. Conocida esta composicion, una multitud de fenómenos ya estudiados, se hicieron susceptibles de una esplicacion precisa; y como en la misma época Berthollet reconoció la verdadera composicion del amoniaco, la historia del azoe y de sus compuestos tomó de repente un grado notable de precision y claridad.

320 *Propiedades.*—No conocemos el ácido nítrico seco. El mas puro que hasta el dia hemos podido obtener contiene siempre 14 ó 15 por 100 de agua; es una verdadera combinacion de agua y ácido nítrico en proporciones fijas.

En este estado el ácido nítrico es líquido, blanco, oloroso, esparce vapores al aire libre, tiene un sabor muy ácido y es muy corrosivo; desorganiza la piel casi de repente, y deja sobre ella una mancha amarilla. El mismo efecto produce sobre los tejidos aminales: es por lo tanto un veneno de los mas violentos cuando está concentrado, aunque puede introducirse sin peligro en el estómago, cuando está muy dila-

tado en agua. Enrojece con mucha fuerza la tintura del tornasol; su peso específico es segun Kirwan, de 1,554; pero Gay-Lussac le ha encontrado de 1,510 á 18°c., y M. Thenard, de 1,513 solamente. Hierve hácia los 86° bajo la presion de 0m.76 (32,731 pulgadas); se solidifica á 50° bajo cero, y presenta en este estado una masa amarillenta de una consistencia mantecosa.

Sometiéndole á la accion de la temperatura roja, se descompone casi enteramente en ácido nitroso y oxígeno. La luz produce el mismo efecto sobre él. Efectivamente, cuando el ácido esta puro es incoloro, pero apenas se halla espuesto algunos minutos á la accion directa de los rayos solares, cuando cambia en un color amarillo, como está siempre el ácido que contiene ácido nitroso, cuando por otra parte, se halla muy concentrado. Prolongando su esposicion á la accion del sol puede obtenerse oxígeno, pero el ácido nitroso queda siempre en disolucion; llega por fin una época en que la reaccion se detiene, entonces el ácido restante se encuentra debilitado por el agua que proviene de la parte de ácido que ha sido descompuesta. M. Gay-Lussac ha probado que el ácido debilitado hasta el punto de no tener sino una densidad igual á 1,32 no se altera por la accion de la luz.

El oxígeno no tiene accion sobre este ácido; el aire está en el mismo caso. El cloro, el bromo y el iodo no producen tampoco alteracion sobre él.

El hidrógeno por el contrario, le descompone fácilmente formando agua y quedando el azoe en libertad. La reaccion es muy enérgica, y debe por lo tanto evitarse el esponer las mezclas de hidrógeno y ácido nitrico en vapor á la accion de un fuego rojo, porque se producen esplosiones violentas.

El fósforo y el azufre le descomponen tambien á la tem-

peratura de su ebullicion, y resulta de esta descomposicion ácido sulfúrico ó fosfórico; con el azufre se desprende deutóxido de azoe, y con el fósforo no solamente deutóxido de azoe sino tambien protóxido de azoe y azoe. Esto manifiesta que la accion del fósforo es mucho mas activa que la del azufre (250).

321. La accion de los ácidos hidro-clórico é hidro-fluórico sobre este cuerpo, la estudiaremos separadamente (335,336). Los ácidos hidro-brómico, hidro-iódico, hidro-sulfúrico é hidro-selénico disueltos en agua y aun al estado gaseoso, se descomponen en frio por el ácido nítrico. En esta descomposicion se forma agua, deutóxido de azoe, y se desprende bromo, ó bien se deposita repentinamente iodo, azufre ó selenio. La accion del hidruro de azufre debe ser la misma, asi como la del hidrógeno proto ó perfosforado.

El ácido nítrico hace pasar los ácidos hipo-fosforoso, fosforoso é hipo-fosfórico al estado de ácido fosfórico. La accion solo se termina ayudada por la ebullicion; hay desprendimiento de deutóxido de azoe.

El ácido nítrico descompone al ácido sulfuroso por el intermedio del calor, haciéndole pasar al estado de ácido sulfúrico, y convirtiéndose él mismo en ácido nitroso.

Bien conocidas estas diversas reacciones, casi todas las otras son fáciles de preveer; asi, este ácido obrará sobre el sulfuro de iodo acidificando el azufre y poniendo el iodo en libertad, etc.

322. Entre los otros cuerpos que ya hemos indicado solo hay uno que ofrezca fenómenos dignos de atencion, que es el deutóxido de azoe. Este gas es absorvido con prontitud por el ácido nítrico concentrado. Este se tiñe de un color moreno, precisamente como sucede cuando se le mezcla con el ácido

nitroso; y en efecto, cuando se le espone á la accion del calor, se desprende mucho ácido nitroso y nada de deutóxido de azoe. De aqui se deduce que el ácido ha sido descompuesto en parte, y que al pasar al estado de ácido nitroso ha cedido al deutóxido de azoe la cantidad necesaria de oxígeno para trasformarle tambien en ácido nitroso. El efecto varia de intensidad en razon de la concentracion del ácido; asi cuando la densidad del ácido es de 1,15 no tiene efecto sobre el deutóxido de azoe; cuando es de 1,32 absorve una pequeña cantidad y se tiñe de verde; cuando de 1,41 la absorcion es mayor, y adquiere un color amarillo, y cuando llega á 1,510 el color que adquiere es el moreno, y la cantidad de gas que absorve es mucho mayor. Vertiendo en el agua todas estas disoluciones, dejan desprender el ácido nitroso y el deutóxido de azoe, produciendo una disolucion incolora de ácido nítrico puro (316).

Cuando se quiere privar al ácido nítrico del agua, se trasforma siempre en oxígeno y ácido nitroso. Asi cuando se le mezcla con cuatro ó cinco veces su peso de ácido sulfúrico concentrado, y se le espone á la accion del calor, se desprende inmediatamente una mezcla de vapores rojos de ácido nitroso y oxígeno.

323. La accion del agua sobre el ácido nítrico presenta fenómenos bien dignos de atencion. Cuando se mezclan estos dos cuerpos se produce un desprendimiento de calor; pero poco comparativamente con el que produce el ácido sulfúrico. Segun que se añade ó disminuye la cantidad de agua, puede á voluntad aumentarse ó disminuir la estabilidad del ácido nítrico de una manera verdaderamente admirable.

Proust ha observado, y yo repetido muchas veces este esperimento con buen éxito, que el ácido cuya gravedad específica

es 1,48 goza de una estabilidad muy superior á la que tiene el ácido mas fuerte ó mas débil. Asi, el ácido nítrico en su estado ordinario de concentracion, que es menor que el antedicho, oxida al estaño, al hierro y al zinc con una rapidez estremada. La accion es tan viva, que aun con la corta cantidad de algunos granos de materia la temperatura se eleva mucho mas de 100°, y que cediendo el ácido todo su oxígeno al metal pasa en gran parte al estado de azoe. Cuando se hace este esperimento en un frasco y se trata de recoger los gases, es necesario tener el mayor cuidado para evitar las esplosiones: tal es de rápido el desprendimiento. ¿Quién creerá segun esto que el ácido cuya densidad es de 1,48 no tiene, por decirlo asi, accion sobre estos metales? Yo le he puesto muchas veces en contacto con el estaño bien puro y dividido, y al cabo de quince ó veinte minutos el metal nada habia perdido de su brillantez, ni se habia desprendido ningun producto gaseoso; pero al añadir algunas gotas de agua, la accion se manifestaba de repente con su violencia acostumbrada. Asi, con el ácido á 1,45 ó á 1,510 su accion es de las mas vivas, y con el ácido á 1,48 ninguna.

Se observa, sin embargo, que el ácido aun á este grado, concluye por obrar como de ordinario, sobre el metal despues de un tiempo mas ó menos largo de contacto. La accion no empezaba ordinariamente en mis esperimentos sino al cabo de media hora; pero como la mezcla se hallaba colocada al contacto del aire, es muy posible que el ácido se debilitara atrayendo la humedad de este fluido. Pero sea como quiera, aun cuando solo se considere la lentitud de la accion el hecho no es menos notable. Dificil es su esplicacion en la actualidad; pero veremos al tratar de la preparacion en grande del ácido nítrico, que pasan fenómenos muy difíciles de compren-

der no teniendo presentes los hechos que acabamos de citar.

324. Fenómenos dignos de atencion no menos que los anteriores se observan con respecto al punto de ebullicion del ácido nítrico, mas ó menos dilatado en agua. Ya hemos dicho que el ácido puro hervia á 86° c.; pero si se le quiere destilar una parte se volatiliza verdaderamente, otra se descompone en ácido nitroso y oxígeno, mientras que el agua de este último es absorvida por el ácido restante. El punto de ebullicion se eleva sucesivamente y llega á 120 ó 122° c., á cuya época permanece fijo, hasta que todo el ácido se ha destilado. Si por el contrario, el ácido se dilata en mucha cantidad de agua y se espone al calor, el punto de ebullicion que se hallará por ejemplo á 103 ó 104° al empezar, se elevará todavia hasta los 120 ó 122°, donde permanecerá estacionario. Pero en este caso, será el agua la que se desprenderá en parte. Aqui volvemos á encontrar los mismos fenómenos que con el ácido sulfúrico.

El punto de ebullicion del ácido nítrico á diversos grados es el siguiente, segun M. Dalton.

Densidad.	Punto de ebullicion.	
1,51	86° c.	Thenard.
1,50	99	Dalton.
1,45	115	Id.
1,42	120	Id.
1,40	119	Id.
1,35	117	Id.
1,30	113	Id.
1,20	108	Id.
1,15	104	Id.

Parece segun M. Dalton, que el punto de ebullicion que marca 104° puede subir á 105 por la adicion de un poco de agua, para volver á descender á 104 si se añade mas cantidad de este líquido. Aunque este hecho no parece imposible exige nuevos esperimentos para ser admitido.

325. La densidad del ácido nítrico decrece á medida que se dilata en agua, aunque ella esperimenta una condensacion al mezclarse con este ácido. La tabla siguiente espresa la relacion entre esta densidad y la proporcion de ácido.

Tabla de la riqueza del ácido nítrico á diversos grados de densidad para la temperatura de 19°c.

Densidad.	Acido seco ó real para 100 partes.	Nombre del observador.
1,513	85,7	Calculée.
1,498	84,2	Thenard.
1,478	72,9	Id.
1,434	62,9	Id.
1,422	61,9	Id.
1,376	51,9	Id.

Estos resultados podemos tenerlos por seguros. No afirmaremos lo mismo de la tabla siguiente tomada del doctor Ure. Esta tabla está muy completa, pero es de temer que el ácido empleado como tipo no estuviera en un estado de concentracion y de pureza convenientes. La temperatura era 15°, 5 en el momento de los esperimentos.

Densidad.	Acido seco para 100.	Acido líquido á 1,500 para 100.	Densidad.	Acido seco para 100.	Acido líquido á 1,500 para 100.
1,5000	79,700	100	1,3579	49,414	62
1,4980	78,903	99	1,3529	48,617	61
1,4960	78,106	98	1,3477	47,820	60
1,4940	77,309	97	1,3427	47,023	59
1,4910	76,512	96	1,3376	46,226	58
1,4880	75,715	95	1,3323	45,429	57
1,4850	74,918	94	1,3270	44,632	56
1,4820	74,121	93	1,3216	43,835	55
1,4790	73,324	92	1,3163	43,038	54
1,4760	72,527	91	1,3110	42,241	53
1,4730	71,730	90	1,3056	41,444	52
1,4700	70,933	89	1,3001	40,647	51
1,4670	70,136	88	1,2947	39,850	50
1,4640	69,339	87	1,3887	39,053	49
1,4600	68,542	86	1,2826	38,256	48
1,4570	67,745	85	1,2765	37,459	47
1,4530	66,948	84	1,2705	36,662	46
1,4500	66,155	83	1,2644	35,865	45
1,4460	65,354	82	1,2583	35,068	44
1,4424	64.557	81	1,2523	34,271	43
1,4385	63,760	80	1,2462	33,474	42
1,4346	62,963	79	1,2402	32,677	41
1,4306	62,166	78	1,2341	31,880	40
1,4269	61,369	77	1,2277	31,083	39
1,4228	60,572	76	1,2212	30,286	38
1,4189	59,775	75	1,2148	29,489	37
1,4147	58,978	74	1,2084	28,692	36
1,4107	58,181	73	1,2019	27,895	35
1,4065	57,384	72	1,1958	27,098	34
1,4023	56,587	71	1,1895	26,301	33
1,3978	55,790	70	1,1833	25,504	32
1,3945	54,993	69	1,1770	24,707	31
1,3882	54,196	68	1,1709	23,900	30
1,3833	53,399	67	1,1648	23,113	29

Densidad.	Acido seco para 100.	Acido líquido á 1,500 para 100.	Densidad.	Acido seco para 100.	Acido líquido á 1,500 para 100.
1,3783	52,602	66	1,1587	22,316	28
1,3732	51,805	65	1,1526	21,519	27
1,3681	51,068	64	1,1465	20,722	26
1,3630	50,211	63	1,1403	19,925	25
1,1345	19,128	24	1,0651	9,564	12
1,1286	18,331	23	1,0595	8,767	11
1,1227	17,534	22	1,0540	7,970	10
1,1168	16,737	21	1,0485	7,173	9
1,1109	15,940	20	1,0430	6,376	8
1,1051	15,143	19	1,0375	5,579	7
1,0993	14,346	18	1,0320	4,782	6
1,0935	13,549	17	1,0267	3,985	5
1,0878	12,752	16	1,0212	3,188	4
1,0821	11,955	15	1,0159	2,391	3
1,0764	11,158	14	1,0106	1,594	2
1,0708	10,361	13	1,0053	0,797	1

326. *Composicion.*—Ya hemos dicho como M. Cavendish llegó á determinar aproximadamente la composicion del ácido nítrico. Pero á M. Gay-Lussac es á quien se debe el descubrimiento de la relacion que existe realmente entre el azoe y el oxígeno, bien sea en este compuesto, bien en los ácidos nitroso é hiponitroso. Para llegar á la composicion exacta del ácido nítrico operó del modo que vamos á esponer. Puso en contacto sobre el agua cierta cantidad de deutóxido de azoe con un esceso de oxígeno. El deutóxido de azoe pasó desde luego al estado de ácido nitroso; este fue descompuesto por el agua en ácido nítrico, que se quedó disuelto en el agua y en deutóxido de azoe que se desprendió. Este último encontrando al oxígeno, volvió á pasar al estado de ácido nitroso que reaccionó de nuevo sobre el agua, reproduciéndose de esta suerte el fenómeno, hasta trasformar todo el deutóxido

de azoe en ácido nítrico. Este esperimento se hace en un tubo lleno de agua, en el cual se introducen los gases medidos. Se tiene cuidado de no agitar el líquido y al cabo de algunos minutos la operacion queda terminada. Para asegurarse si el producto es ácido nítrico puro, basta ver si descolora el sulfato rojo de manganeso, el cual no es alterable por el ácido nítrico, al paso que el ácido nitroso la hace pasar repentinamente al estado de proto sulfato blanco.

Formando todas estas precauciones se observa que 200 partes de deutóxído de azoe en volúmen, y 300 de oxígeno dejan un resíduo de 150 partes de oxígeno. El ácido nítrico está por lo tanto formado en volúmen de 100 de azoe y 250 de oxígeno, ó bien:

2 át. azoe	=177,02	ó bien	26,15
5 át. oxígeno	=500,00		73,85
1 át. ácido nítrico	=677,02		100,00

El ácido nítrico hidratado, se compone de

1 át. ácido nítrico seco.	=677,02	ó bien	85,75
2 át. agua	=112,48		14,25
	789,50		100,00

Este es el ácido mas puro que puede obtenerse.

327. *Preparacion.*—El ácido nítrico se estrae siempre del nitrato de potasa, tratando esta sal por el ácido sulfúrico concentrado, á una temperatura elevada. El ácido sulfúrico se apodera de la potasa, forma el sulfato neutro ó bisulfato de potasa fijo y anhidro, mientras el ácido nítrico apoderándose del agua que contenia el ácido sulfúrico, se

desprende en vapores que se condensan en los recipientes.

El procedimiento es el mismo en los laboratorios que en las fábricas, sin otra diferencia que la de los aparatos.

En los laboratorios se introducen 6 partes de nitro y 4 de ácido sulfúrico del comercio en una retorta de vidrio, que pueda contener una cantidad doble.

El ácido se introduce por medio de un tubo largo en el vientre de la retorta, teniendo cuidado que no corra á lo largo del cuello, porque quedará siempre una porcion adherido á sus paredes; y por la misma disposicion del aparato, se mezclará con el ácido nítrico y alterará su pureza. La retorta se espone al fuego descubierto, despues de haber enchufado su cuello en el de un recipiente tubulado y provisto de un tubo de seguridad, de bola, á propósito para recoger los gases.

Asi que el ácido se ha introducido y puesto en contacto con el nitrato de potasa, se ve aparecer un ligero vapor rojo, que manifiesta el desprendimiento del ácido nitroso; tan luego como la mezcla se calienta, entra en fusion, el vapor rojo se disipa y es reemplazado por unos vapores blancos cuya produccion dura largo tiempo; mas al fin de la operacion, estos son reemplazados á su vez por otros rojos, que aparecen nuevamente mas abundantes que los primeros. La materia se eleva y pasaria al cuello de la retorta, si no se detuviera el fuego: á esta época podemos estar seguros que la operacion ha terminado.

328. Muy facil es darse cuenta de estos diversos fenómenos, teniendo presente la accion que ejerce el ácido sulfúrico sobre el ácido nítrico. Sabemos que se trasforma en ácido nitroso y en oxígeno. Ahora bien; al principio de la operacion solo puede hallarse una cantidad muy pequeña de ácido nítri-

co puesto en libertad, porque es muy pequeña la parte atacada del nitrato. Este ácido se halla en contacto con mucho ácido sulfúrico concentrado y libre todavia; debe descomponerse en parte y producir los vapores rojos que se observan mezclados con el oxígeno libre. Pero asi que el nitrato se ha fundido, su contacto con el ácido sulfúrico se hace muy íntimo; este ácido se combina con la potasa y cede su agua al ácido nítrico, que predominando entonces, puede escapar á la accion del ácido sulfúrico escedente. El ácido nítrico se desprende á este tiempo en forma de vapores blancos; pero como este desprendimiento no cesa y el esceso de ácido sulfúrico permanece en la retorta, llega por fin una época en que este último predomina, y entonces la descomposicion del ácido nítrico sucede nuevamente para no cesar ya hasta terminada la operacion; de aqui nacen los vapores rojos tan intensos que se desprenden en este último periodo.

Si se empleara ácido sulfúrico dilatado en agua, no se producirian vapores rutilantes, á menos que estos no provinieran de un poco de sal marina que contiene el nitro. Esta sal se descompone: el ácido hidroclórico que suministra, obra sobre el ácido nítrico, y produce cloro y ácido nitroso; pero la cantidad de este es insensible por decirlo asi.

329.° El ácido preparado de este modo no está puro; contiene en disolucion ácido nitroso, que le comunica el color amarillo; un poco de cloro y las mas veces una pequeña cantidad de ácido sulfúrico. Para purificarle se destila de nuevo en un aparato semejante al precedente, introduciendo en la retorta antes de empezar la destilacion, un poco de nitrato de plomo. Desde el principio de la ebullicion se desprende el ácido nitroso; asi que el licor que contiene la retorta cambia su color amarillo en blanco, se muda de recipiente,

y el ácido nítrico que se recoge desde entonces es puro. La operacion se continúa hasta que solo queda en la retorta un resíduo sólido, que consiste en sulfato y cluroro de plomo. Suele emplearse tambien una mezcla de nitrato de barita y de nitrato de plata bajo el mismo método, y entonces se forma sulfato de barita y cloruro de plata.

330. La fabricacion del ácido nítrico en grande se hacia en otro tiempo descomponiendo el nitrato de potasa por la arcilla en unas retortas de barro llamadas *bombas*, que se colocaban en hornos de galera formando dos filas de 8 ó 10 retortas cada una; la boca de cada retorta se comunicaba con un recipiente de barro tambien. Los resíduos de esta operacion conocidos con el nombre de *cimento de agua fuerte*, se utilizaban para la fabricacion del alumbre, porque contienen en efecto, dos de los principios constituyentes de esta sal, que son la potasa y la alumina. La descomposicion se efectuaba en este procedimiento por la tendencia que tiene la alumina de hacer el papel de ácido con las bases salificables poderosas. Se producia un aluminato de potasa, pero como ni la arcilla ni el nitro contienen agua combinada, el ácido nítrico no podia recibirla sino accidentalmente, y la mayor parte de este cuerpo se destruia. Cuando el precio del ácido sulfúrico lo permitió, se practicó esta descomposicion por su intermedio en las mismas retortas desde luego, pero estos vasos fueron mas adelante reemplazados con ventaja por calderas de fundicion y despues por cilindros de la misma materia. El aparato que se emplea en la actualidad es exactamente igual al que hemos descrito para la fabricacion del ácido hidroclórico. Se compone por lo regular de cuatro cilindros de fundicion, colocados en un mismo horno; comunican por medio de unos tubos con tres ó cuatro filas de

bombas, de las cuales las dos primeras están colocadas en el agua (lám. 7, fig. 1 y 2) los tubos que están inmediatamente adaptados á los cilindros deben ser de vidrio, para que el operario pueda observar el color de los gases que pasan por ellos, y seguir con acierto la marcha de la operacion. Los demas tubos pueden ser de barro.

331. Luego que los cilindros se hallan cargados con las proporciones convenientes de nitrato de potasa y ácido sulfúrico, se enlodan bien las junturas con arcilla, que se cubre de tierra fina mezclada con escremento de caballo; la primera capa de lodo se forma de una tierra que contenga mucha aluminar que es poco atacable por los ácidos, y la segunda que se compone de tierra legaminosa sostiene á la primera é impide que se hagan aberturas. El fuego debe conducirse con lentitud y sostener mucha igualdad en la temperatura. Asi conviene preferir como combustible la turba ó carbon de tierra cuando se puede obtener con facilidad. Cuando los vapores que se producen son muy rojos, indican que la operacion se adelanta, y cuando estos vapores se hacen casi invisibles, que ha llegado á su término. Es necesario avivar últimamente el fuego para desprender todo el ácido; concluido esto, se desenloda el aparato, y se estrae sin trabajo el sulfato de potasa con el auxilio de unas tenazas de hierro. El ácido condensado en las primeras botellas es el menos puro; puede emplearse sin rectificar para la fabricacion del ácido sulfúrico, el que se deposita en la segunda fila y parte de la tercera, no contiene por decirlo asi, sino ácido nitroso y cloro; puede separarse de estos haciéndole hervir en retortas de vidrio; tan luego como el ácido no presenta color alguno se hace terminar la ebullicion. En este estado se introduce en el comercio y debe marcar

36° del areómetro de Beaume. Todo el ácido débil, condensado en las últimas botellas, se vuelve á esponer en la primera ó segunda fila á la siguiente operacion en vez de agua pura. El agua pura, por el contrario, se introduce en las últimas filas de botellas, para que la condensacion de los vapores se termine completamente.

332. El ácido obtenido de este modo y espendido en el comercio, no está bastante puro para todos los usos á que se destina; contiene siempre un poco de ácido nitroso y de cloro que no se ha separado todavia completamente, y ademas contiene tambien ácido sulfúrico. Para purificarlo se destila en retortas de vidrio, teniendo cuidado de dividir en partes los productos. Las primeras porciones que se volatilizan contienen al cloro y al ácido nitroso. Asi que el líquido de la retorta queda sin color, se cambia el recipiente y se recoge en el nuevo el ácido nítrico puro. Llevando con cuidado la operacion puede forzarse hasta que se hayan volatilizado las $\frac{9}{10}$ del ácido puesto en la retorta; pero debe contenerse en estos límites, porque pasando mas adelante podria volatilizarse el ácido sulfúrico. Este queda casi enteramente en el resíduo. El ácido nítrico rectificado de este modo, no está todavia puro, y por lo tanto, como este es el objeto de la destilacion que se le hace esperimentar, es evidente que se obtendrá mas ventaja siguiendo el procedimiento indicado anteriormente (329).

333. Segun M. Thenard, de 1250 gramas (25036 granos) de nitro fundido, tratadas por las dos terceras partes de su peso, de ácido sulfúrico privado de agua todo lo posible, se obtienen 510 gramas (10215 granos) de ácido nítrico muy condensado; con 1800 gramas (36054 granos) de nitro igualmente fundido é igual cantidad de ácido sulfúrico del comercio, se obtienen 1020 gramas (2430 granos) de ácido nítrico

casi tan concentrado como el anterior; por consecuencia, deben preferirse las últimas proporciones para la estraccion en pequeño.

Sin embargo, los fabricantes prefieren las proporciones siguientes: 100 partes de nitrato de potasa y 60 de ácido sulfúrico á 66°; si se emplea el ácido sulfúrico á 55° será preciso emplear 80 partes en vez de 60. El ácido sulfúrico á este grado de concentracion sale mas barato; pero el ácido nítrico que se obtiene con él está mas impuro, contiene mas agua y de consiguiente la alteracion de los cilindros es mucho mas considerable, y en fin, es necesario mas combustible para ejecutar la operacion, y estos inconvenientes compensan muy bien la economía que ha podido hallarse en el ácido sulfúrico.

Es un hecho de práctica muy constante, que el ácido nítrico concentrado ataca y corroe mucho menos los cilindros de fundicion que cuando está debilitado. Aun se asegura que el deterioro de los cilindros es mucho menor cuando se hallan á la temperatura roja que cuando se calientan á un grado mas inferior. El primero de estos hechos se esplica con facilidad por las observaciones que hemos manifestado anteriormente (323), de las cuales resulta que á cierto grado de densidad el ácido nítrico no obra sino con mucha lentitud sobre los metales. El segundo hallará su esplicacion tal vez en los brillantes esperimentos de M. Becquerel sobre las modificaciones que esperimenta el hierro por el calor, relativamente á sus efectos eléctricos. Tal cuerpo que es negativo con respecto al hierro frio, se hace positivo por el contacto del hierro rojo.

Antes de emplear el nitrato de potasa, es muy conveniente purificarle de las sales estrañas que contiene, que son los cloruros de potasio, de calcio y de magnesio. Estas sales

descompuestas por el ácido sulfúrico dan lugar á la produccion de cloro y de ácido nitroso. Puede librarse bastante bien al nitrato de estos cloruros tratándole por tres lavaduras sucesivas en una cantidad de agua poco crecida. Esta cantidad no debe ascender á mas de cuatro centésimas partes del peso del nitrato; se vierte en pequeñas porciones sobre la sal, que estará colocada en unas tolvas ó coladores; cuando ha escurrido toda el agua, se toma la parte superior de este líquido hasta los dos tercios de su altura, y el fondo se pone á escurrir de nuevo en las operaciones siguientes.

334. *Usos.* El ácido nítrico se emplea en la fabricacion de los ácidos sulfúrico, oxálico, etc.; sirve para la aplicacion de la amalgama, en el arte de dorar sobre el laton. Se emplea tambiem para disolver los metales, grabar sobre el cobre, formar el ácido hidro-cloro-nítrico ó agua régia, y hacer el precipitado rojo ó deutóxido de mercurio; este ácido tiene tambien uso en la tintorería, el ensayo de monedas, separacion del oro, etc.

Acido nitro-hidroclórico ó agua régia.

335. Bajo este nombre se conoce hace mucho tiempo una mezcla de ácido nítrico é hidro-clórico, que se emplea para disolver el oro y atacar diversos minerales métalicos. Los alquimistas que consideraban al oro como al rey de los metales, dieron á esta mezcla el nombre de agua régia, como el único disolvente que se presentaba capaz de obrar sobre él.

El empleo del agua régia es muy frecuente en las artes; sus proporciones están fundadas sobre una teoría muy delicada, que es necesario estudiar con cuidado para regularizar el empleo de este agente, segun las circunstancias.

La mayor parte de los hechos que establecen esta teoría, fueron conocidos de los químicos antiguos; pero no han sido clasificados ni discutidos convenientemente hasta 1816 por M. Davy. Los hechos son los siguientes: 1.° El cloro bajo la influencia del agua trasforma al deutóxido de azoe en ácido nitroso, pasando el mismo al estado de ácido hidro-clórico; 2.° el cloro no tiene accion sobre el ácido nitroso seco ó húmedo; 3.° el ácido hidro-clórico no obra tampoco sobre el ácido nitroso seco; 4.° el ácido hidro clórico y el ácido nítrico se trasforman en cloro, ácido nitroso y agua. En frio el efecto solo es parcial; en caliente la reaccion es completa. De todos estos hechos resulta con evidencia que el agua regia debe estar formada de los elementos siguientes, para que la trasformacion sea total.

Atomos empleados.

1 át. ácido nítrico...=	2 azoe.....	=177,02
	5 oxígeno.	=500,00
2 át. ácido nitroso ..=	2 azoe	=177,02
	4 oxígeno.	=400,00
4 át. ácido hidro....=	2 cloro.....	=442,64
	2 hidro ...	= 12,48
		1182,14
2 át. cloro................................		=442,64
2 át. agua................................		=112,48
		1132,14

Luego como un átomo de ácido nítrico seco es igual á 789,5 cuando está hidratado, y que los 4 átomos de ácido hidro-clórico representan 1124 partes de ácido hidro-clorico concentrado del comercio, parece que la relacion mas conve-

niente debe ser de 8 partes de ácido nítrico para 11 de ácido hidro-clórico aproximadamente; pero no sucede asi en un gran número de casos.

En efecto, acabamos de suponer que se desprende ácido nitroso; pero la sustancia que se espone á la accion del agua régia puede oxidarse las mas veces obrando sobre el ácido nitroso, haciéndole pasar al estado de deutóxido de azoe. El óxido producido de este modo obra á su vez sobre el àcido hidro-clórico, dando origen á la formacion del agua y aun cloruro. Facil es advertir que al pasar al estado de ácido nitroso, el ácido nítrico no pierde sino un átomo de oxígeno, mientras que para pasar al de deutóxido de azoe tiene que perder tres. Es necesario triplicar por lo tanto la cantidad de ácido hidro-clórico, lo que da la relacion de ocho partes de ácido nítrico á 33 de ácido hidro-clórico, ó mas sencillamente una parte del primero á cuatro del segundo en peso. En fin, si la sustancia tratada hace pasar al ácido nitroso al estado de azoe, se advierte que habrá que emplear otras proporciones, que serán 8 partes de ácido nítrico por 55 de ácido hidro-clórico, ó mas sencillamente una parte del primero por 7 del segundo.

Aqui se observa que el agua régia debe variar en sus proporciones segun los casos; pero como el ácido hidro-clórico es mucho mas barato que el nítrico, nada hay que temer por poner este en esceso. Sin embargo, está generalmente admitido que las proporciones mas convenientes son una parte de ácido nítrico y 4 de ácido hidro-clórico. Yo creo á pesar de esto que no hay ninguna dificultad en poner 6 partes de este último, cuando se trata de operar sobre el estaño ó los metales capaces de descomponer el agua por sí mismos.

La naturaleza del producto que se busca debe no obstan-

te introducir algunas modificaciones en las dósis. Si lo que se busca, por ejemplo, es un cloruro ó una combinacion correspondiente, los cálculos anteriores deben tenerse por seguros; pero cuando se ha de producir un hidro-clorato de cloruro, debe aumentarse proporcionalmente la cantidad de ácido hidro-clórico.

Se forma tambien una especie de agua régia mezclando el ácido nítrico con el hidro-clorato de amoniaco ó con el cloruro de sodio. Esta composicion se usa particularmente para hacer las disoluciones de estaño. Volveremos á tratar de este asunto en otra parte (*veáse pintura sobre porcelana*, *tintorería*), y haremos observar aqui solamente, que se producen en este caso unas combinaciones muy complicadas que hacen la teoría dificil, aunque pueda indicarse la causa de los buenos efectos de esta mezcla. Cuando se ponen en contacto los cuerpos antedichos, se forman combinaciones entre el cloruro de estaño y el hidro clorato de amoniaco ó la sal marina. Estas combinaciones son menos alterables por el agua ó el aire, que el cloruro de estaño puro, lo que hace los efectos mas seguros. M. Haussman es, segun creo, el primer químico que se ha detenido bien en el análisis de estos fenómenos que estudiaremos con cuidado mas adelante.

Acido nítrico hidro-fluórico.

336. Se puede designar con este nombre la mezcla de ácido nítrico é hidro-fluórico, cuyo empleo en muchas circunstancias ha propuesto M. Berzelius. Es muy cierto que la mayor parte de los metales que resisten á la accion del agua régia se disuelven en esta mezcla que viene á ser por lo tanto

un reactivo muy precioso; en cuanto á la dósis se dirigen por los mismos principios que acabamos de esponer.

Cloruro de azoe.

337. Al describir los efectos que produce el contacto del cloro y el amoniaco, hemos remitido á este artículo el examen de la reaccion que da orígen á la formacion del cloruro de azoe. Este compuesto tan detonante, descubierto en 1812 por M. Dulong, se forma probablemente siempre que el cloro encuentra al azoe en el estado naciente; pero el compuesto se destruye á medida que se forma, no haciendo uso de algunas precauciones. Antes de continuar este artículo, debemos tal vez añadir que esta sustancia ha sido causa de graves accidentes y que podrá ocasionar otros muchos, no estando prevenidos de su existencia y de las condiciones en que su produccion tiene lugar.

338. *Preparacion.*—Se toma un embudo de vidrio delgado, se afila á la lámpara su estremo inferior, y se introduce en una cápsula llena de mercurio; se vierte sobre el embudo una disolucion acuosa de hidro-clorato de amoniaco, que contenga solamente $\frac{1}{20}$ de esta sal; en fin por medio de un pequeño tubo que se introduce en el licor hasta que llegue muy cerca del mercurio, se vierte con suavidad una disolucion concentrada de sal marina. Siendo esta mas pesada que la disolucion amoniacal, se colocan en el estremo inferior del embudo, y tan luego como forma una capa de dos ó tres pulgadas de altura no se vierte mas cantidad. Dispuesto de este modo, se dirige una corriente de cloro á la disolucion amoniacal, teniendo cuidado de que el tubo que la comunica no to-

que á la disolucion de sal marina en alguna distancia para evitar que el movimiento de las burbujas de gas no determine la mezcla de los dos líquidos. El cloro es absorvido desde luego; en seguida aparecen una infinidad de pequeñas burbujas de azoe que se desprenden, y muy en breve aparecen unas gotitas de aspecto oleoso que atraviesan los dos líquidos y pasan á reunirse sobre el mercurio: este es el cloruro de azoe. Cuando se quiere poner término al esperimento, se quita la cápsula que contiene al mercurio y se reemplaza por otra que contiene agua destilada ó bien vacía, segun el uso á que se destina el cloruro.

En este esperimento el cloro se apodera del hidrógeno del amoniaco para formar ácido hidroclórico; el azoe queda descubierto y una parte de este combinándose con el cloro en esceso da orígen al cloruro de azoe.

339. *Composicion.*—El cloruro de azoe está probablemente formado de 3 volúmenes de cloro y 1 de azoe.

340. *Propiedades.*—El cloruro de azoe es líquido, oleaginoso, de color amarillento, de un olor picante, mas pesado que el agua y muy volátil. A 30° detona con una violencia inconcebible, produciendo luz y trasformándose en azoe y en cloro que vuelven á tomar su estado gaseoso. El mas ligero movimiento produce muchas veces el mismo efecto á la temperatura ordinaria.

Muchos cuerpos hacen detonar repentinamente al cloruro de azoe por el simple contacto. El fósforo particularmente goza esta propiedad en alto grado; la misma deben gozar en general las sustancias que se combinan con el cloro á la temperatura ordinaria con desprendimiento de calor y luz. El azufre se disuelve desde luego en cloruro de azoe, le descompone en seguida produciendo azoe y clo-

ruro de azufre; pero la accion se ejecuta sin detonacion.

El amoniaco y las sales amoniacales destruyen el cloruro de azoe, se forma entonces ácido hidroclórico y azoe, que al desprenderse arrastra consigo un poco de cloruro de azoe en vapor; asi este gas detona muchas veces espontáneamente. La detonacion se realiza siempre cuando se le aplica un cuerpo en combustion. Para prevenir esta alteracion de parte del hidroclorato de amoniaco en esceso, es por lo que se emplea la disolucion de sal marina en la preparacion del cloruro de azoe.

Cuando se hace pasar cloro en cantidad escesiva á una disolucion de una sal amoniacal cualquiera, se produce siempre azoe que se desprende mas ó menos cargado de cloruro de azoe. Se le conoce fácilmente por el olor picante del gas, y por la detonacion mas ó menos fuerte que produce cuando se le aproxima una luz.

Ioduro de azoe.

341. *Preparacion.*—El iodo se combina mas fácilmente con el azoe que el cloro, si bien el compuesto conocido bajo el nombre de ioduro de azoe, no se produce tampoco sino cuando el iodo encuentra al azoe al estado naciente, pero al menos siendo las circunstancias las mismas todo el azoe se emplea sin desprenderse nada, y el ioduro formado no se destruye ni por el amoniaco ni por las sales amoniacales.

La preparacion del ioduro de azoe es sumamente facil. Se ponen algunos granos de iodo en un vaso qne tenga pie, se vierte por encima un poco de amoniaco, se agita bien, se divide el iodo apretándole con una barilla de vidrio, y al cabo de diez ó quince minutos queda la operacion terminada. En

el vaso queda un esceso de amoniaco, hidro-iodato de amoniaco, y un polvo moreno que es el ioduro de azoe. Se advierte que el amoniaco ha sido descompuesto, y que su hidrógeno ha formado ácido hidro-iódico con el iodo, mientras su azoe se ha unido tambien á este cuerpo para formar el ioduro de azoe. Este último es muy detonante, pero mientras el líquido que le baña contenga al amoniaco ó al hidro-iodato de amoniaco, nada hay que temer; se le puede manejar, moler, echar sobre el filtro sin que se descomponga, pero asi que se le priva de estos cuerpos estraños por algunas lavaduras, como hay precision de hacer, no debe manejarse el filtro sino con mucha precaucion. Muchas veces aun cuando la materia esté húmeda esperimenta una detonacion parcial, poco peligrosa á la verdad, teniendo cuidado de ponerse unos anteojos grandes para preservar la vista. Cuando se ha estraido el filtro del embudo, se estiende sobre una plancha de hierro ó madera teniendo cuidado de pegar los bordes del filtro con engrudo de almidon. Esta precaucion es necesaria, porque una vez que la materia se haya secado, el menor movimiento en el aire que pueda agitar el papel, producirá una esplosion repentina, y todo el ioduro quedará destruido.

342. *Composicion.*—El ioduro de azoe está formado de 3 átomos de iodo y 1 átomo de azoe.

343. *Propiedades.* — Estas son poco conocidas; es sólido, pulverulento, insoluble en el agua. Detona con violencia cuando está seco por el mas ligero contacto. Basta pasear ligeramente las barbas de una pluma por encima del polvo para determinar la esplosion; muchas veces se efectúa espontáneamente. Cuando está húmedo, es necesario emplear un ligero choque, y entonces la detonacion solo es parcial. En el momento de la esplosion hay produccion de luz muy sensi-

ble en la oscuridad, desprendimiento de gas azoe y de vapores de iodo de color violeta.

Un número de cuerpos tienen accion sin duda sobre el ioduro de azoe, pero se sabe solamente que la disolucion acuosa de potasa obra sobre él como sobre el iodo puro desprendiendo el azoe.

CAPITULO XI.

ARSÉNICO.—HIDRÓGENO ARSENICADO.—HIDRURO DE ARSÉNICO.—OXIDO DE ARSÉNICO.—ACIDO ARSENIOSO.—ACIDO ARSÉNICO.—FLUORURO, CLORURO, BROMURO, IODURO Y SULFURO DE ARSÉNICO.

344. El arsénico es generalmente admitido como un metal; nosotros le designaremos siempre bajo este nombre, y aun le hubiéramos colocado entre los metales en cualquiera otra obra, pero importa demasiado á los metalurgistas el tomar una idea exacta del papel que juega este cuerpo en los minerales, de los cuales hace parte, para no haber creido oportuno hacer un sacrificio de clasificacion en provecho suyo. Al ver al arsénico colocado al lado del fósforo y del azufre, concebirán mejor que por los razonamientos mas reiterados, que el arsénico juega el mismo papel que ellos, tanto en las operaciones de la naturaleza, cuanto en las de las artes. Por otra parte, si considerado en sí mismo el arsénico presenta verdaderamente los caractéres de un metal, es necesario confesar que en sus compuestos ofrece tal analogía con el fósforo y el azoe, que la aproximacion á estos cuerpos que le hemos dado en esta obra se halla plenamente justificada.

El arsénico se halla bajo muchas formas en la naturaleza: primera, al estado metálico; segunda, al estado de ácido arsenioso; tercera, al estado de arseniato; cuarta, en fin, en combinacion con diversos metales, constituyendo de este modo arseniuros análogos á los sulfuros metálicos, y muchas veces mezclado y aun combinado con ellos. Bajo este último estado hace parte de muchos minerales esplotados, y el olor de su vapor semejante al de los ajos, su accion deleterea sobre las personas que le respiran, y en fin, el producto blanco y vítreo que produce al condensarse, son otras tantas circunstancias que no le han permitido escapar mucho tiempo á la observacion de los metalurgistas. En efecto, el arsénico fué conocido de los antiguos. Aristóteles le designó bajo el nombre de *sandaraca*. Mas adelante fué reemplazado por el de arsénico con el cual se designa el ácido arsenioso ó deutóxido de arsénico. El sulfuro de arsénico toma el nombre de *oro pimente*. La ignorancia de los autores antiguos sobre la verdadera naturaleza de las combinaciones de este cuerpo, ha ocasionado muchos errores en sus descriciones.

Schrœder descubrió el arsénico metálico en 1649; partiendo de esta época, su historia ha mejorado de dia en dia á medida que se ha desarrollado la química general.

El arsénico ó sus combinaciones tienen poco empleo en las artes, por lo tanto aun cuando se consume en muchas industrias es siempre en cantidades muy pequeñas. La utilidad que resulta del estudio de este cuerpo consiste sobre todo en aprender á separarle de los minerales en que se encuentra, y en reconocer su presencia por los medios analíticos seguros. Se sabe por esperiencia diaria, que cantidades casi insignificantes de este cuerpo bastan para modificar de una manera incómoda y persistente las propiedades de mu-

chos metales. Bajo este punto de vista nos parece no tendriamos necesidad de entrar en demasiados detalles sobre las principales combinaciones del arsénico.

La estraccion del arsénico y la preparacion de los compuestos que se hallan comprendidos en este capítulo, constituyen un arte ó mas bien una série de operaciones, que se ejecutan generalmente en los mismos establecimientos. Al fin de este capítulo volveremos á tratar de todo lo concerniente á la preparacion en grande de estos productos, y al hablar de cada uno en particular, solo espondremos los métodos que se practican en los laboratorios, aplicables únicamente á los esperimentos de investigacion.

Arsénico.

345. *Propiedades.*—El arsénico es sólido, su color gris de acero, frágil, muy brillante; pero su brillo es poco duradero cuando se halla en contacto con el aire húmedo. Su testura es cristalina, á veces granosa, y á veces laminar. No tiene olor ni sabor; es insoluble en el agua, pero no podemos deducir de aqui que no obrará como veneno, porque las mas leves circunstancias pueden determinar su oxidacion, hacerle soluble y por consecuencia venenoso.

La pesantez específica del arsénico varía entre 5,75 y 5,76. Calentándole en vaso de vidrio ó de barro, al abrigo del contacto del aire, se sublima sin entrar en fusion, y sus vapores cristalizan condensándose en las partes frias que encuentran en su tránsito. El arsénico no se volatiliza en vaso cerrado sino al estado rojo naciente, pero al aire libre la sublimacion se hace sensible á 180° c.

Este cuerpo cristaliza en tetraedros, no puede obtener-

se fundido sino bajo una presion superior á la de la atmósfera.

346. *Preparacion.*—Se estrae comunmente del arsénico metálico del comercio, que se halla casi puro, pero se encuentra las mas veces manchado con algunas señales de metales estraños, como el antimonio; contiene ademas, óxido en cantidad mas ó menos grande. Se purifica de estas materias por medio de la sublimacion. Para esto se ponen 200 ó 300 gramas (4006 á 6009 granos) de arsénico del comercio pulverizado, en una retorta de barro. Se cierra esta dejando en el tapon un agujero para dar salida al aire dilatado, y evitar ademas una renovacion de aire demasiado fácil. La retorta se coloca en un horno de reberbero, y se calienta suavemente hasta que su fondo se encuentre al grado rojo oscuro. Es necesario conducir la operacion con mucha lentitud, á fin de que el arsénico tenga el tiempo suficiente para condensarse, bien sea en el cuello bien en la parte superior de la retorta. Cuando esta se ha enfriado bien, se rompe, se recoge el arsénico y se guarda en frascos esmerilados llenos de agua bien hervida.

Hidruro de arsénico.

347. El arsénico forma con el hidrógeno dos combinaciones: la una sólida, que es el hidruro de arsénico; la otra gaseosa, que es el hidrógeno arsenicado.

El hidruro de arsénico no tiene lustre, es tierno, de un moreno negruzco, pulverulento, no tiene olor ni sabor, es mas pesado que el agua y menos volátil que el arsénico. No se descompone por el calor hasta el grado rojo naciente lo menos. Se inflama á la temperatura roja, bien sea en el oxí-

geno, bien en el aire formando por la combustion agua y ácido arsenioso.

Se obtiene este cuerpo poniendo en contacto el arsénico con el hidrógeno al estado naciente, ó bien poniendo el hidrógeno arsenicado en contacto con cuerpos que se apoderen del hidrógeno por su mucha afinidad con este gas, y que estén en cantidad suficiente para absorver todo el hidrógeno. Al estudiar el hidrógeno arsenicado, haremos conocer este último procedimiento; aqui nos bastará indicar como se realiza el primero.

El medio mas sencillo consiste en descomponer el agua por la accion de la pila galvánica, haciendo uso de un fragmento de arsénico metálico, como polo negativo. El hidrógeno que se reune en vez de desprenderse, se combina con el metal y constituye el hidruro que se deposita en forma de copos morenos.

Las mismas circunstancias pueden realizarse formando una aleacion de 1 parte de potasio y 10 ó 12 de arsénico, tratándola en seguida por el agua. El potasio se apodera del oxigeno del agua, y pasa al estado de potasa mientras que el arsénico forma con el hidrógeno hidruro de arsénico é hidrógeno arsenicado, podria creerse que con las proporciones convenientes de arsénico y de potasio, solo se formaria hidrógeno arsenicado, pero entonces se desprenderia probablemente el hidrógeno libre, ademas el hidrógeno arsenicado y se formaria siempre el hidruro de arsénico. Puede decirse con certeza que estos tres productos se forman constantemente; el hidrógeno libre se encuentra en los gases producidos por las aleaciones muy cargadas de arsénico.

Hidrógeno arsenicado.

348. *Propiedades.*—Este cuerpo es gaseoso, sin color, de un olor nauseabundo muy caracterizado; su densidad es igual á 2,695. A 30° bajo cero se convierte en líquido aun bajo la presion ordinaria. El calor le descompone en hidrógeno y en hidruro de arsénico que se deposita. Este gas apaga los cuerpos en combustion que se sumergen en su atmósfera, se inflama al contacto del aire y arde con una llama blanca, voluminosa, y forma agua ácido arsenioso é hidruro de arsénico. Los dos primeros productos se volatilizan; el tercero se deposita sobre las paredes de los vasos que lo contienen, en una capa mas ó menos espesa de un color moreno.

El hidrógeno arsenicado mezclado con el oxígeno ó con el aire, produce una viva detonacion bien sea por medio de la chispa eléctrica, bien aplicándole la llama de un cuerpo en combustion. Cuando el oxígeno está en esceso, cada volúmen de hidrógeno arsenicado consume un volúmen y medio de oxígeno, formando agua y ácido arsenioso. Si por el contrario, el hidrógeno arsenicado está en esceso, se formará agua é hidruro de arsénico. En el primer caso, los vasos se cubrirán de un depósito blanco; en el segundo, el depósito será moreno.

El cloro descompone repentinamente al hidrógeno arsenicado. En esta reaccion se forma cloruro de arsénico y ácido hidro-clórico, si el cloro está en esceso; y predominando el gas hidrógeno arsenicado, se formará hidruro de arsénico y ácido hidro-clórico. El primer caso se realiza haciendo pasar una á una las burbujas de hidrógeno arseni-

cado á una probeta que contenga cloro; el segundo haciendo llegar del mismo modo el cloro á una probeta que contenga al hidrógeno arsenicado. Estas reacciones se verifican siempre con produccion de calor y luz. En la última no hay peligro alguno porque siempre tiene buen éxito; pero no se halla la primera en este caso. Sucede muchas veces el introducir dos ó tres burbujas de hidrógeno arsenicado en la probeta del cloro sin que se inflamen, y en tal caso si la burbuja que sigue se inflama, determina la detonacion de la mezcla, y la probeta se hace pedazos que se lanzan en todas direcciones. En general, si la primera burbuja no se ha inflamado, es preciso renunciar al esperimento. Esta operacion sale bien las mas veces, cuando el cloro está bien puro y su temperatura á 30° poco mas ó menos.

Es muy probable que el bromo y el iodo obren de una manera análoga. El azufre descompone tambien al hidrógeno arsenicado á la temperatura de 140 ó 150° c. Se forma entonces sulfuro de arsénico é hidrógeno sulfurado. La accion del fósforo debe ser análoga á la del azufre.

El agua pura disuelve un poco de hidrógeno arsenicado, pero sin causar en él alteracion. El agua cargada de aire, por el contrario, le descompone con prontitud y forma un depósito de hidruro de arsénico. Basta abandonar sobre el agua por espacio de un mes ó dos un frasco lleno de hidrógeno arsenicado, para que se cubra interiormente de un depósito de hidruro de arsénico muy abundante. Este depósito se aplica tambien sobre las paredes del vaso, que se amolda y adquiere bastante brillantez para reflejar los rayos luminosos, á la manera de un metal pulimentado.

El hidrógeno arsenicado es muy venenoso. Un químico aleman de un mérito sobresaliente, M. Gehlen, pereció al

cabo de nueve dias de crueles tormentos por haber respirado sin precaucion una cantidad tal vez muy pequeña de este gas. Estaba practicando un esperimento que debia producir hidrógeno arsenicado; el gas no se desprendia y creyendo que la causa era alguna pérdida del aparato, aplicó la nariz á los tapones para reconocer por el olor propio del gas si efectivamente habia alguna pérdida. Muy poco debió respirar, y sin embargo, al cabo de una hora fué acometido de vómitos violentos, acompañados de calofrios y una debilidad estremada. Todos los auxilios que le prodigaron fueron insuficientes contra este veneno enérgico, del cual no habia respirado sin duda sino algunos centésimos de grano.

349. *Composicion.*—La composicion del gas hidrógeno arsenicado se determina como la del gas hidrógeno fosforado, valiéndose del sulfato de cobre que absorve este gas y no obra sobre el hidrógeno libre que puede estar mezclado con el. De esta suerte se determina la cantidad de hidrógeno arsenicado que contiene realmente un volúmen de gas. En seguida se somete cierta cantidad á la accion del estaño en una campana encorbada, calentando este metal hasta el grado rojo naciente. El gas se descompone, el hidrógeno queda libre y queda el arseniuro de estaño. Asi se obseva que cada volúmen de hidrógeno arsenicado produce volúmen y medio de hidrógeno. Rebajando vez y media la densidad del hidrógeno de la del gas hidrógeno arsenicado, se tiene 2,695—0,1032=2,5918, peso del arsénico. Suponiendo que este número represente la mitad de la densidad del vapor de arsénico, se tendrá para la composicion del gas 1 volúmen de arsénico y 3 de hidrógeno condensados en dos volúmenes, ó bien:

1 át. arsénico..............	=470,38	ó bien	96,15
3 át. hidrógeno..............	= 18,73		3,85
2 át. hidrógeno arsenicado	=489,11		100,00

350. *Preparacion.*—Este gas se obtiene tratando la aleacion de arsénico y estaño con el ácido hidro-clrórico puro y concentrado por medio del calor. La aleacion se forma con 3 partes de estaño en granalla y una de arsénico en polvo, fundidas en un crisol cubierto. Esta aleacion cristaliza en láminas anchas por el enfriamiento. Se pulveriza y se pone en una pequeña retorta tubulada, á la cual se adapta un tubo que va á la cuba de mercurio. El ácido se vierte por la tubuladura de la retorta; se cierra esta con un buen tapon, inmediatamente hay un desprendimiento de gas por el contacto del ácido con los metales; asi que este desprendimiento ha terminado, se calienta la retorta con precaucion. El gas hidrógeno arsenicado se desprende mezclado con gas hidrógeno entrando este último en la mezcla en la porcion de 60 y aun 80 por 100 en la retorta que da por resíduo un proto-cloruro de estaño. Ya se observa que el hidrógeno arsenicado preparado de esta suerte está muy lejos de ser puro. Si se aumenta la dósis de arsénico en la aleacion, la reaccion no tendrá lugar ó al menos será muy imperfecta.

Oxido de arsénico.

351. El óxido de arsénico es muy poco conocido. Se presenta bajo la forma de un polvo negro insoluble en el agua y se produce cuando se espone á la accion del aire húmedo el arsénico pulverizado. Es muy poco probable que esta sea una

combinacion simple. M. Berzelius es el único que le ha examinado entre los químicos. Segun él, 100 partes de arsénico no pueden absorver sino 8 de oxígeno por su esposicion al aire, á pesar de que se tenga la precaucion de reducirle á polvo muy fino y su contacto con el aire se prolongue durante uno ó dos años. La materia que se obtiene de este medo parece homogénea. Calentándola en vasos cerrados, se trasforma en arsénico y en ácido arsenioso; pero calentándola al contacto del aire ó del oxígeno, arde formando ácido arsenioso que se sublima. Este cuerpo no parece soluble en el agua; sin embargo, no podemos afirmar que no sea venenoso. No forma combinaciones con los ácidos. Considerándole como un cuerpo distinto debe estar formado de

8 át. arsénico..........	=3763,04	ó bien	92,62
3 át. oxígeno...........	= 300,00		7,38
	4063,04		100,00

Acido arsenioso.

352. Esta materia venenosa en alto grado, era conocida de los antiguos con el nombre de *arsénico*. Bajo este nombre se designa todavia en el lenguage vulgar. Tambien se conoce con el nombre de *mata ratones*, por el frecuente uso que se hace de ella como veneno para hacer perecer á estos animales. Los químicos han creido durante mucho tiempo que este cuerpo no poseia propiedades ácidas suficientemente caracterizadas; y de este error vienen los nombres de *deutóxido, de arsénico* y de *óxido blanco de arsénico*, bajo los cuales se ha designado hasta estos últimos tiempos. Conocidas en el dia

mucho mejor sus propiedades, ha sido forzoso colocarla entre los ácidos. Por su composicion y caracteres se coloca al lado del ácido fosforoso y del ácido hipo-nitroso.

353. *Propiedades.*—El ácido arsenioso es volátil; cuando está recien sublimado se presenta en forma de cristales tetraedros trasparentes, ó en masa vítrea igualmente trasparente. Su densidad segun M. Guibourt es de 3,738 en el estado vítreo. Si durante la sublimacion se le condensa con demasiada rapidez, se precipita bajo la forma de un polvo blanco. Abandonado al aire el arsénico vítreo, pierde su trasparencia y se vuelve blanco lechoso, cediendo mucha parte de su consistencia; asi el ácido arsenioso del comercio es casi siempre opaco y blanco por la superficie, mientras que lo interior de los pedazos presentan ordinariamente un hueso medio trasparente y vítreo, cuya densidad es de 3,698. Se ignora todavia como se efectúa ese cambio que tanto influye sobre las propiedades de este cuerpo. El ácido arsenioso opaco se reduce mucho mejor á polvo y se disuelve con mayor facilidad en el agua que el trasparente.

Cuando se echa el ácido arsenioso sobre un carbon encendido ó cualquier otro cuerpo candente, se volatiliza repentinamente y su vapor se condensa en el aire formando un humo blanco, cuyo olor de ajos es tan fuerte, que aun cuando la cantidad de ácido arsenioso sea casi imperceptible, puede reconocerse por este medio. Este ácido no se descompone por el calor; el oxígeno y el aire no tienen accion sobre el.

354. El ácido arsenioso es soluble en el agua y verifica mejor su disolucion en caliente que en frio; se separa de sus disoluciones saturadas en caliente bajo la forma cristalina en pequeños tetraedos, algunas veces trasparentes, pero con mayor frecuencia de un blanco lechoso. Segun M. Guibourt,

existe una diferencia muy notable en la solubilidad absoluta del ácido arsenioso vítreo, y la del mismo ácido cuando se ha vuelto opaco por la accion del aire. Este último es mas soluble que el otro, como se observa por la tabla siguiente:

100 partes de agua contienen

	Acido opaco.	Id. trasparente.
Disolucion saturada á 15° c.....	1,25........	0,96
Disolucion saturada á 100° c.....	11,47........	9,68
Disolucion saturada á 100° c. Despues enfriada á 15° durante dos dias...........................	2,90........	1,78

Estos hechos sumamente útiles para las investigaciones de medicina legal, son muy difíciles de esplicar. M. Guibourt está inclinado á juzgar que el amoniaco ha de tener alguna parte en la solubilidad del ácido arsenioso opaco, á pesar que no le ha sido posible hacer constar su presencia en esta materia.

355. *Composicion.*—M. Thenard la ha determinado directamente, quemando un peso conocido de arsénico metálico en el oxígeno, y midiendo la cantidad de gas absorvido por esta combustion. El ácido arsenioso está formado de

2 át. arsénico..........=	940,77	ó bien	75,82
3 át. oxígeno...........=	300,00		24,18
1 át. ácido arsenioso...=	1240,77		100,00

356. *Usos.*—El ácido arsenioso sirve para preparar todos los productos, en los cuales el arsénico hace de base. En las artes se emplea para obtener diversos colores verdes que se conocen con los nombres de *verde de Shéele*, *verde de Schvveinfourt*, *verde de Alemania*, etc. El primero es del ar-

sénico de cobre, los otros son combinaciones de arsénico y acetato de cobre. Estos colores que son muy hermosos, se emplean en la fabricacion del papel con que se visten las habitaciones. Muchas veces se añade el ácido arsenioso en el vidrio ; pero en muy pequeña cantidad.

La accion horrorosa que el ácido arsenioso ejerce sobre la economía animal, es demasiado conocida. Este cuerpo tiene un sabor acre y nauseabundo ; imprime sobre el tegido de los animales manchas rojas gangrenosas, y prolongando su accion forma úlceras y aun una destruccion total del punto afectado. En medicina se ha hecho un empleo provechoso de esta propiedad, y asi el ácido arsenioso hace parte de muchos remedios esternos destinados á correr ó destruir las carnes. El polvo escariótico del hermano Côme, ofrece un ejemplo de esta clase de medicamentos.

Para destruir los ratones se prepara una pasta con almendras, harina y manteca de puerco; pero poniendo demasiado ácido arsenioso, los ratones no lo tocan sin duda por el sabor desagradable que produce.

Bajo otra forma, se hace mucho uso del ácido arsenioso, para preservar de los insectos las pieles preparadas de los pájaros disecados, y en general todos los objetos de naturaleza animal que se conservan en los gabinetes de historia natural. Esta preparacion arsenical es conocida con el nombre de *jabon de Bercœur*, que fué su inventor. Se compone de

Jabon blanco..........................	100	partes.
Acido arsenioso.........................	100	
Carbonato de potasa..................	36	
Alcanfor	15	
Cal viva................................	12	

Se reduce el jabon á raspaduras, se pone en una cápsula con un poco de agua y se funde á un fuego lento. Se añade entonces el carbonato de potasa y la cal viva en polvo. Se mezcla todo bien, se incorpora poco á poco el ácido arsenioso igualmente pulverizado y se deja enfriar la materia. El alcanfor se pone en un mortero, se rocia con algunas gotas de espíritu de vino, sin cuya adicion no puede reducirse á polvo; se muele y el polvo que resulta se mezcla en frio con el jabon preparado á fin de evitar la pérdida del alcanfor que haria esperimentar el calor.

Preparado el jabon de esta manera, se guarda para el uso antedicho. Al tiempo de usarla se disuelve en un poco de agua formando con ella una masilla clara y se aplica con un pincel. Esta preparacion exhala constantemente el olor del hidrógeno arsenicado. Tiene ademas la doble ventaja de no consentir los insectos que buscan un asilo para depositar sus huevos y de hacer perecer á los que la casualidad ha conducido sobre las materias que se desean conservar.

357. *Preparacion.*—El ácido arsenioso se ha encontrado en algunas minas, pero rara vez y siempre en pequeña cantidad. Puede obtenerse este cuerpo bien sea de propósito, bien accidentalmente, calentando al contacto del aire ciertos minerales que contienen á los arseniuros y particularmente la *pirita arsenical*, que es una mezcla de sulfuro y de arseniuro de hierro, que se esplota para estraer el arsénico; las minas de cobalto mezcla tambien de sulfuro y de arseniuro de cobalto, que se esplotan por cobalto, y en fin, diversas minas de estaño que contienen á la pirita arsenical.

Durante la tostion de estas diversas minas, los metales combinados con el arsénico pasan al estado de óxidos, el arsénico se trasforma en ácido arsenioso y como los arsénitos

que pueden producirse se descomponen pör el calor, el ácido se volatiliza. Este método es el mas sencillo que se conoce para desprender el arsénico de los minerales que le contienen; por lo que se observa que todo el arsénico estraido del seno de la tierra se trasforma en ácido arsenioso desde luego, y sirve para preparar todos los demas productos arseniales como se verá mas adelante (376).

Acido arsénico.

358. *Propiedades.*—Las sales formadas por este ácido se conocian hacia mucho tiempo cuando Schécle llegó á obtener el ácido arsénico puro. Este ácido es sólido, blanco, mas pesado que el agua, incristalizable, mas venenoso que el ácido arsenioso, susceptible de descomponerse por el calor rojo en oxígeno y ácido arsenioso. Es muy soluble en el agua, á la que comunica un sabor muy agrio, acre y aun cáustico. Su afinidad para con este líquido es bastante para ser delicuescente. No constituye un hidrato inalterable como otros muchos ácidos, y pierde toda su agua á una temperatura inferior á la del grado rojo.

359. *Preparacion.*—La preparacion de este ácido es muy facil: se introducen en una retorta de vidrio una parte de ácido arsenioso pulverizado, dos de ácido hidroclórico y cuatro de ácido nítrico del comercio. Se destila á un calor suave, se condensan por medio de un recipiente los vapores del ácido escedente y los gases que se desprenden se dirigen á las chimenea por medio de un tubo. El ácido nítrico cede una porcion de su oxígeno al ácido arsenioso, y pasa al estado de deutóxido de azoe que se desprende. El ácido hidroclórico hace al ácido arsenioso mas soluble, y su empleo tiene otro objeto

porque se puede trasformar muy bien al ácido arsenioso en ácido arsénico por medio del ácido nítrico solamente ; pero entonces la disolucion se efectúa tan lentamente , que durante los primeros momentos de la operacion, el ácido arsenioso depositado ocasiona movimientos contínuos en el aparato.

Cuando la destilacion ha llegado á tal punto, que el licor que ha quedado en la retorta , presenta una consistencia de jarabe, se trasvasa á una cápsula de porcelana , en donde se termina la operacion á fuego lento. Bien pronto llega un punto en que el ácido arsénico se trasforma de repente en una masa opaca de un color blanco muy puro. Es necesario guardarle cuando se halla caliente aun, en frascos esmerilados si se quiere conservar seco.

360. *Composicion.*— El ácido arsénico está formado de

2 át. arsénico.............	= 940,77	ó bien	65,30
5 át. oxígeno..............	= 500,00		34,70
1 át. ácido arsénico........	=1440,77		100,00

Corresponde segun se advierte, al ácido fosfórico y al ácido nítrico.

Fluoruro de arsénico.

361. *Composicion.*—El fluoruro de arsénico está formado de:

1 át. arsénico.............	=470,38	ó bien	57,29
3 át. fluor................	=350,70		42,71
2 át. fluoruro.............	=821,08		100,00

362. *Propiedades.*—El fluoruro de arsénico es líquido,

volátil, sin color, mas pesado que el agua, muy venenoso, porque produce á la vez sobre los animales los efectos del ácido hidrofluórico concentrado, y los del ácido arsenioso muy dividido. La gota mas pequeña causa una quemadura muy profunda, y forma sobre la piel ampollas gruesas llenas de un pus viscoso. Estas quemaduras son de una curacion muy larga y dificil.

El agua descompone al fluoruro de arsénico; le trasforma en ácido arsenicoso y en ácido hidrofluórico; por eso este cuerpo esparce al aire vapores blancos debidos á su accion sobre el agua higrométrica que contiene. Por la misma razon, este cuerpo que por sí solo obra poco ó nada sobre el vidrio, no tarda en atacarle aun en vasos cerrados, la menor señal de humedad basta para determinar la produccion de un poco de ácido hidrofluórico que reaccionando sobre la sílice del vidrio, forma agua y fluoruro de silicio. Como este último cuerpo es gaseoso, puede dar lugar á algunos accidentes. Efectivamente, si el fluoruro de arsénico está contenido en vasos cerrados, puede ocasionar la fractura con esplosion, al cabo de algun tiempo y no podrán destaparse sin peligro cuando haya formado un poco de fluoruro de silicio. Por otra parte, no puede guardarse este cuerpo en vasos abiertos ó mal cerrados á causa de la accion que ejerce sobre él el vapor de agua que contiene el aire. No debe por lo tanto, conservarse jamás esta materia; es necesario prepararla á medida que se ha de hacer uso de ella.

363. *Preparacion.*—La preparacion de este cuerpo es muy sencilla. Se toman 4 partes de ácido arsenioso, y 5 de fluoruro de calcio bien pulverizadas. Se mezclan con cuidado, se introducen en una retorta, y se añade á la mezcla 8 ó 10 veces su peso de ácido sulfúrico muy concentrado. Se deslie bien todo y calienta con suavidad. El fluoruro de arsé-

nico se desprende mezclado con fluoruro de silicio gaseoso. El primero se condensa en su totalidad, adaptando á la retorta un tubo en forma de U, cuya curvatura se rodea de una mezcla refirigerante de hielo y sal marina. El fluoruro de silicio al contrario, atraviesa el tubo sin condensarse, y va á perderse á la chimenea. La espresion exacta de la reaccion es la siguiente :

Productos empleados.		Productos obtenidos.	
1 át. ácido arsenioso....	=1240,77	4 át. fluoruro de arsénico..	=1642,16
3 át. fluoruro de calcio.	=1469,49	3 át. sulfato de cal.........	=2571,58
3 át. ácido sulfurico.....	=1503,48		
	4213,74		4213,74

Se forma, pues, sulfato de cal y fluoruro de arsénico. La proporcion considerable de ácido sulfúrico indicada anteriormente, tiene por objeto el preservar al fluoruro de la descomposicion que le haria esperimentar el agua abandonada por el ácido sulfúrico que se une á la cal. Esta agua es absorvida por el ácido escedente.

Cloruro de arsénico.

364. *Propiedades.*—El cloruro de arsénico es líquido como el fluoruro, mas pesado que el agua, incoloro, muy venenoso, esparce vapores al aire, y se trasforma por su contacto con este fluido en ácido arsenioso y ácido hidro-clórico; hierve á 132° c. La densidad de su vapor es igual á 6,300. Se conserva muy bien en frascos de vidrio, en lo que se diferencia del fluoruro de arsénico como debia esperarse.

365. *Preparacion.*—La preparacion de este cuerpo puede ejecutarse por tres procedimientos diferentes, igualmen-

te cómodos y seguros en su empleo. El primero consiste en hacer llegar cloro seco á una alargadera encorvada que contenga arsénico metálico pulverizado, teniendo una estremidad colocada en una probeta que esté rodeada de hielo. Se calienta ligeramente el arsénico por medio de una lámpara de alcohol. El cloruro corre gota á gota y pueden obtenerse de este modo grandes cantidades. Para obtenerlo puro, basta destilarlo sobre el arsénico pulverizado. Este metal destruirá el percloruro de arsénico si se ha formado.

La accion del cloro sobre el arsénico es tan viva que este metal se enrojece cuando se introduce el cloro. En la operacion que nos ocupa es preciso dar calor no para facilitar la reaccion, sino para volatilizar el cloruro producido.

Como puede temerse que el arsénico que se emplea no esté despojado de algunos metales estraños, es mas cómodo tal vez descomponer el ácido arsenioso por el ácido hidroclórico naciente. Esta operacion es fácil.

Se ponen en una retorta tubulada 30 ó 40 gramas (600 á 800 granos) de ácido arsenioso, con 300 á 400 gram. (6009 á 8012 granos) de ácido sulfúrico concentrado. Se eleva la temperatura de la mezcla hasta los 80 ó 100° c., y se echan por la tubuladura fragmentos de sal marina fundida. Continuando con el calor y añadiendo sucesivamente sal marina, se obtiene pronto el cloruro de arsénico, que corre gota á gota por el pico de la retorta, y puede recogerse en un vaso refrigerante. En esta operacion se desprende poco ó ningun ácido hidro-clórico; pero al final de ella, pasa muchas veces hidrato de cloruro de arsénico, sin duda porque entonces el ácido sulfúrico se halla debilitado. Se conoce si esto ha sucedido, en que el líquido obtenido se divide en dos capas. El cloruro puro ocupa el fondo del vaso

y el hidratado á la superficie. Este último es líquido, blanco, trasparente, pero mas viscoso que el cloruro puro. Para destruir el hidrato, es necesario destilar el producto con un esceso de ácido sulfúrico concentrado.

El tercer procedimiento es el mas antiguo de todos, y consiste en destilar una mezcla de bicloruro de mercurio ó *sublimado corrosivo* y de arsénico metálico. Se forma cloruro de arsénico y el mercurio queda libre. Este procedimiento es demasiado costoso para hacer uso de él.

366. *Composicion.*—Esta es análoga á la del fluoruro y consiste en

1 át. arsénico..........	= 470,38	ó bien	41,46
3 át. cloro...............	= 663,96		58,54
	1134,34		100,00

No se conoce el cloruro que corresponderá al ácido arsénico. Sin embargo, se forman algunas veces cristales blancos cuando se hace pasar un esceso de cloro sobre el arsénico. Estos cristales podrán muy bien constituir el percloruro.

Bromuro de arsénico.

367. El bromo se combina directamente con el arsénico. El bromuro de arsénico tratado por el agua, se trasforma en ácido hidro-brómico y en un compuesto nacarado, que contiene bromuro de arsénico y ácido arsenioso. Está formado de

1 át. arsénico.........	= 470,38	ó bien	25,16
3 át. bromo............	=1399,20		74,84
2 át. bromuro de arsénico..................	=1869,58		100,00

Ioduro de arsénico.

368. El ioduro de arsénico se obtiene fácilmente, mezclando una parte de arsénico en polvo y tres ó cuatro partes de iodo. Se introduce la mezcla en un matraz, se calienta ligeramente; estos dos cuerpos se combinan, y el ioduro formado entra en fusion. Se deja enfriar el matraz, se le hace pedazos, se introduce la materia en una retorta pequeña y se destila. El ioduro de arsénico se volatiliza, y el esceso de arsénico queda en la retorta. Preparado de esta suerte el ioduro de arsénico corresponde al ácido arsenioso. Este ioduro está formado de

1 át. arsénico........	= 470,38	ó bien	16,67
3 át. iodo............	=2350,05		83,33
	2820,43		100,00

El ioduro de arsénico es sólido, de un rojo púrpureo subido; es fusible, volátil, mas pesado que el agua y se descompone por este líquido. En esta descomposicion debe formarse ácido arsenioso y ácido hidro-iódico, ó bien ácido hidro-iódico y una combinacion de ácido arsenioso y de ioduro de arsénico pero no sucede como parece. Se forma, es cierto, ácido hidro-iódico, y ácido arsenioso; pero se produce ademas, una materia nacarada que se deposita por la evaporacion y el enfriamiento en forma de líquido, y que parece ser un sub-ioduro de

arsénico. Este producto es blanco; cristaliza en escamas brillantes y se descompone por el calor en arsénico y ioduro de arsénico. Este fenómeno accidental puede ser debido á la presencia de un esceso de arsénico en el ioduro preparado, como ya lo hemos indicado anteriormente. Tal vez esto no sucederia con un ioduro en que el iodo estuviera en esceso, ó que estuviera formado de proporciones fijas. Véanse las observaciones de los señores Plisson, Serullas, y Hottot sobre esta materia. (*Diario de farmacia, enero y marzo de* 1828).

Sulfuros de arsénico.

369. Existen tres sulfuros de arsénico cuando menos. El mas sulfurado corresponde al ácido arsénico, el segundo al ácido arsénioso, el tercero contiene menos azufre todavia, y corresponde á un óxido desconocido, intermediado entre el óxido negro y el ácido arsenioso. M. Berzelius ha llegado á describir un cuarto menos sulfurado todavía; pero su composicion puede parecer mas equívoca que la de los tres precedentes. Los sulfuros de arsénico tienen ya un uso notable como materias colorantes, hacen un papel importante en las artes en razon de su bajo precio, y de la multitud de combinaciones que pueden producir relativas á los colores. Los tres primeros sulfuros indicados anteriormente hacen efectivamente el papel de ácidos poderosos, y forman sales de color uniéndose á otros sulfuros y aun á los óxidos metálicos, como lo ha demostrado M. Berzelius. M. Houtou Lavilladiér ha hecho la aplicacion de estos compuestos á la impresion de las telas.

370. *Sulfuro arsenicado.–Persulfuro de arsénico.* Este sulfuro es sólido, su color amarillo de limon, cuando está preparado

por precipitacion, es insoluble en el agua. Espuesto al calor se funde desde luego, y en seguida se volatiliza sin descomponerse. Durante la fusion toma el aspecto de una masa viscosa de un color moreno subido, que se convierte en rojo amarillento pálido, despues del enfriamiento. No enrojece la tintura de tornasol en frio, pero la enrojece de un modo permanente á la temperatura del agua hirviendo. El alcohol á esta misma temperatura le hace esperimentar una descomposicion parcial, le trasforma en un sulfuro inferior y se carga de azufre. Se disuelve en frio y con mayor facilidad por la accion del calor en las disoluciones alcalínas y en las de los sulfuros alcalínos; se apodera del ácido hidro-sulfúrico de los hidro-sulfatos de los sulfuros y aun del ácido carbónico de los carbonatos y de los bicarbonatos. En todos estos casos, por medio de reacciones mas ó menos complicadas, se forman combinacienes de sulfuro de arsénico con el sulfuro alcalíno preexistente, ó producidos á espensas de una porcion de sulfuro de arsénico cuyo metal ha pasado al estado de ácido arsenioso.

Este cuerpo se obtiene dirigiendo una corriente de ácido hidro-sulfúrico á una disolucion de ácido arsénico, ó mas bien mezclando un arseniato alcalíno en disolucion con el sulfuro de potasio ó de sodio igualmente disueltos, y vertiendo un esceso de ácido hidro-clórico en la mezcla. El persulfuro de arsénico se precipita en copos amarillos, muy lentamente en el primer caso y mas de priesa en el segundo. Se pone sobre un filtro y se lava.

Segun los procedimientos empleados en su preparacion se advierte que consta de

2. át. arsénico	= 940,77	ó bien	48,08
5 át. azufre	=1005,80		51,92
1 át. persulfuro de arsénico.	=1946,57		100,00

371. *Sulfuro arsenioso.—Sesqui sulfuro de arsénico.—Oropimente.*—Este se asemeja al precedente casi bajo todos los aspectos. Es amarillo como él, pero de un color menos claro. Es fusible, volátil, obra sobre las bases y los sulfuros alcalínos como el precedente. Su densidad es de 3,45. Se encuentra en la naturaleza, unas veces en masas compuestas de láminas semitrasparentes y flexibles, y otras en cristales prismáticos. Cuando su testura es laminosa, la superficie de las láminas ofrece reflejos de un hermoso amarillo dorado. Estas láminas se separan fácilmente las unas de las otras. Tal es el oro pimente que se encuentra en Persia. Muchas veces se encuentra en masas compactas y sin brillo; tal es el de la China. En todos los casos está mezclado con un poco de rejalgar, que le da un tono vivo que no tiene el sulfuro artificial. Este sulfuro corresponde al ácido arsenioso y está formado de

2 át. arsénico	= 940,77	ó bien	60,92
3 át. azufre	= 603,48		39,08
1 át. sulfuro arsenioso.	=1544,25		100,00

372. Este sulfuro se produce fácilmente: 1.° haciendo pasar ácido hidro-sulfúrico á las disoluciones de ácido arsenioso; 2.° tratando por el ácido hidro-clórico una mezcla de sulfuro de potasio y de arsenito de potasa; 3.° destilando una

mezcla de azufre y arsénico en proporciones convenientes; 4.º destilando una mezcla de azufre y ácido arsenioso. En este último caso se desprende gas ácido sulfuroso al mismo tiempo que se sublima el sulfuro de arsénico mezclado con ácido arsenioso que se ha escapado á la reaccion.

Los comerciantes de colores, adquieren el oro pimente de la Persia ó de la China; le designan bajo el nombre *de oro pimente dorado*, y prefieren el de la Persia. El oro pimente se encuentra tambien en Hungría, en Transilvania, en Georgia, en la Natolia y en una gran parte del Oriente, donde se emplea como atanguia para hacer caer el pelo.

El oro pimente facticio, preparado por sublimacion, no es bastante hermoso para emplearlo como color. Contiene siempre por otra parte, gran cantidad de ácido arsenioso y esto le haria muy peligroso al manejarlo. Solo se usa en la tintorería, donde se emplea para disolver el indigo en frio. Segun M. Guibourt, su densidad es de 3,648 á 3,604.

373. *Sulfuro de arsénico, rejalgar.* Este sulfuro está formado de

1 át. arsénico.....	=470,38	ó bien	70,04
1 át. azufre......	=201,16		29,96
	671,54		100,00

Este sulfuro se asemeja á los precedentes por su fusibilidad, su volatilidad y por la reaccion que efectua con las bases ó con los sulfuros alcalínos. Se diferencia de ellos por su color que es rojo ó rojo anaranjado. Su densidad es igual á 3,525. Se obtiene destilando el arsénico con las proporciones convenientes de azufre, ó bien una mezcla de oropimente

y azufre, ó bien en fin una mezcla de ácido arsenioso, de carbon y de azufre en proporciones convenientes. El rejalgar artificial contiene tambien ácido arsenioso mezclado, pero mucho menos que el oropimente. Su densidad solo es de 3,243 segun M. Guibourt.

Este sulfuro se encuentra tambien en la naturaleza. Se halla en los terrenos primitivos en los mismos sitios que el arsénico metálico; se observa tambien en casi todos los volcanes. Las mas veces está acompañado con el oropimente.

En la China hacen de él pagodas y vasos purgativos de que se sirven para hacer con ellos infusiones con los ácidos vegetales que beben en seguida. Es por lo tanto un veneno, como todas las demas preparaciones de arsénico. Cuando se pulveriza produce un hermoso color anaranjado que se emplea en la pintura.

374. *Sub-sulfuro de arsénico.*—Cuando se trata el rejalgar por las disoluciones concentradas de potasa, se produce sulfuro de potasio, arsénito de potasa, y el rejalgar restante se divide en oropimente, que se combina con el sulfuro de potasio, y en sub-sulfuro que se precipita. Un efecto del mismo género se produce cuando se trata el oropimente de la misma manera. Entonces se forma per-sulfuro de arsénico, y el mismo sub-sulfuro. Este sulfuro se obtiene en polvo moreno. Espuesto á la accion del calor se descompone en arsénico metálico y en un sulfuro que no corresponde á ninguno de los conocidos. Es insoluble en el agua y arde algunas veces al aire libre. En tal caso se trasforma en ácido arsenioso y en oropimente. El sub-sulfuro de arsénico está formado de 96,56 de arsénico, y 3,44 de azufre para 100; lo que corresponde á 12 átomos de arsénico para 1 de azufre; M. Berzelius presume qne este compuesto contiene una parte del arsénico al

estado de hidrato, pero no le ha sido posible demostrar claramente la presencia del hidrógeno.

375. Los sulfuros de arsénico han sido el objeto de muchas investigaciones, y sin embargo todavia reina alguna incertidumbre con respecto á su clasificacion. Es muy probable que existen sulfuros compuestos que se confunden muchas veces con los sulfuros simples que acabamos de enumerar, cuya falta proviene de no haber hecho análisis exacto. Por otra parte, es necesario no perder de vista que los sulfuros naturales son poco venenosos, y que los artificiales del comercio lo son en alto grado, porque estos contienen al ácido arsenioso libre.

El oropimente y el rejalgar se emplean en la pintura; pero no deben mezclarse jamás con el carbonato de plomo, porque los colores se ennegrecen al momento por la formacion de un poco de sulfuro de plomo, cuyo compuesto es de un negro intenso.

Todos los sulfuros de arsénico se reconocen fácilmente en que calentándolos al grado rojo con el contacto del aire, producen el olor del ácido sulfuroso y el del ajo, que caracteriza al vapor del ácido arsenioso.

Todos se preparan en grande por los sencillos procedimientos que vamos á indicar, segun M. Héron y Villefosse.

Tratamiento de los minerales de arsénico.

376. Los productos comerciales que se intentan obtener en los ingenios en que se trata el arsénico, son de muchas maneras: se distinguen, 1.°, el ácido arsenioso vitreo ó *arsénico blanco*; 2.°, el arsénico sulfurado amarillo ú *oropimente*; 3.°, el arsénico sulfurado rojo ó *rejal-*

gar, 4.°, el arsénico sublimado en el estado metálico ó *arsénico negro.*

377. *Acido arsenioso.*—Para obtener este producto se trata, bien sea la pirita arsenical que proviene de las minas de esta sustancia, bien el ácido arsenioso pulverulento, que se recoge en las cámaras de sublimacion dispuestas encima de los hornos que se emplean en los ingenios donde se beneficia el estaño y en los del cobalto. Cuando es la pirita arsenical la que se emplea, como hacen en Geyer, en Sajonia, y en Reichenstein, en Silesia, se empieza por tostar esta sustancia en un horno de reverbero, de modo que se obtenga desde luego el ácido arsenioso bajo la forma pulverulenta. Este se sublima y viene á condensarse á las cámaras colocadas encima del horno, debajo de la chimenea. Estas estan revestidas de ladrillos movibles que permiten penetrar en ellas segun conviene para recoger el ácido arsenioso de tiempo en tiempo. Por este primer tratamiento se obtiene un producto precisamente semejante al que se recoge en el tratamiento del estaño y en el del cobalto (357).

378. Como el ácido arsenioso pulverulento presenta en tal estado el mayor peligro, se le convierte en ácido arsenioso vítreo, á fin de facilitar su trasporte. Para esto basta cuando la materia está purgada de azufre el someterla á una nueva sublimacion sin añadirla nada; en el caso contrario se añade potasa despues de proceder á la sublimacion.

El aparato que se emplea en Reichenstein en Silesia, es un horno de corriente de aire, cuya parte superior ofrece un plano horizontal situado encima del fogon que recibe el combustible. El macizo de esta construccion tan sencilla presenta esteriormente la forma de un paralelepipedo rectangular, cuya longitud es de cerca de doce pies por seis de ancho y cuatro

de alto. En la parte superior hay empotradas dos vacías de fundicion de hierro, de tal modo, que sus fondos que tienen una convexidad hácia afuera estan espuestos á la accion del fuego. Cada una de estas vacías representa al poco mas ó menos un cilindro de dos pies de diámetro y de la misma altura; en la parte superior tiene cada una un gollete ó reborde que descansa en la superficie superior del horno. En estos vasos de fundicion es á donde se coloca el ácido arsenioso pulverulento. Encima de cada vacía se levanta un capitel, bien sea de chapa de hierro, bien de fundicion. Este capitel que sirve de recipiente, presenta la forma de un cilindro de cuatro pies de altura y del mismo diámetro que la vacía sobre la cual se ajusta; su parte superior esta terminada por un cono de un pie de altura y sobre el cual hay adicionado un tubo de chapa de hierro de algunas pulgadas de diámetro; en fin, este tubo termina en otra cámara superior de condensacion, de la cual parte un canal de salida, abierto á su estremidad.

En cada vacía se colocan tres quintales y medio de ácido arsenioso pulverulento, despues se ajusta el capitel tapando las junturas con un lodo compuesto de arcilla, de sangre de vaca y pelote. Se calienta el horno durante doce horas, conduciendo el fuego desde luego con moderacion. Despues de este tiempo se deja enfriar todo el aparato hasta el dia siguiente; á cuyo término se quita el capitel y se recoge el ácido arsenioso vítreo que se ha sublimado. Para arrancar esta materia basta golpear ligeramente el capitel; despues de esto se colocan en los barriles los pedazos escogidos y de mejor calidad, dejando los impuros, asi como el resíduo que se halla en la vacía para las operaciones sucesivas. El producto que se obtiene ordinariamente de tres quintales y medio de ácido arsenioso pulverulento, es cerca de tres quintales de ácido arsenioso vítreo lla-

mado *arsénico blanco.* Si el combustible que se emplea es la ulla como en Reichenstein en Silesia, se consume para cada quintal de ácido arsenioso vítreo que se obtiene en los recipientes, 90 libras de este carbon al poco mas ó menos.

379. *Sulfuro de arsénico amarillo, oropimente.*—Para preparar el arsénico amarillo se emplea el mismo aparato en el ingenio ya indicado. La operacion se practica del mismo modo que la anterior con la sola diferencia de que en cada vacía se añaden nueve libras ó mas de azufre puro para tres quintales y medio de ácido arsenioso pulverulento; si el contiene ya cierta cantidad de azufre, y si el arsénico no está sulfurado, hay que añadir medio quintal de azufre bruto. Esta cantidad es demasiado pequeña; es necesario cinco veces mas azufre para trasformar el ácido arsenioso en sulfuro amarillo y en ácido sulfuroso. El sulfuro amarillo preparado de este modo debe contener (372) una cantidad de ácido arsenioso libre, igual cuando menos á los dos tercios de su peso.

En algunos ingenios en que se trata el arsénico, se contentan con emplear para las operaciones mencionadas anteriormente unos capiteles abiertos por su parte superior; lo restante del aparato es tal cual lo acabamos de describir; cuando las vacías de fundicion se han calentado hasta el grado rojo, se introducen sucesivamente algunas libras de ácido arsenioso pulverulento por el orificio del capitel que se tapa en seguida con una teja; pero el aparato anterior es mas á propósito para preservar á los obreros de los funestos vapores del arsénico; la seguridad que ofrece aquel, es mayor todavia por el tiro activo que se ejerce en la chimenea, por cuyo medio los vapores no tienen lugar de esparcirse con perjuicio de los

operarios, los que tienen ademas la precaucion de taparse la boca con un pañuelo.

380. Algunas veces se prepara el sulfuro de arsénico amarillo en un horno de galera, empleando para esto unas retortas de barro en las cuales destilan una mezcla de piritas arsenicales y de piritas de hierro; en este caso se incorporan á las piritas arsenicales que han estado espuestas al aire libre mucho tiempo, cerca de una décima parte de su peso de piritas de hierro puras: lo restante de la operacion se practica como para el sulfuro rojo de arsénico.

Facil es concebir que estos procedimientos pueden ser modificados de muchas maneras con respecto á las proporciones de las mezclas, segun la naturaleza de las sustancias que se emplean y de los productos que se desean obtener. Los datos que sirven de guia con respecto á esto deben deducirse de la composicion de los dos sulfuros de arsénico y de la composicion de las sustancias empleadas.

381. *Sulfuro rojo de arsénico.—Rejalgar.*—Para obtener el sulfuro rojo se emplea un horno de *galera* (Lám. 12, fig. 3 á 5), en el cual se disponen dos filas de retortas de barro. Estas retortas estan revestidas de una capa compuesta de limadura de hierro, de arcilla, de sangre, de pelo y de alumbre; cada una está enlodada con un recipiente de barro colocado fuera del horno. Estos recipientes estan provistos de algunos pequeños orificios para la salida de los primeros gases que se forman durante la operacion. Estos orificios se obstruyen bien pronto por el arsénico sulfurado que se sublima; pero se destapan cuando hay necesidad para evitar una esplosion. Las retortas se cargan hasta los dos tercios de su capacidad con una mezcla conveniente, bien sea de piritas arsenicales y de piritas de hierro, bien de ácido arsenioso pulve-

rulento y de azufre bruto. En este último caso, para producir el ácido sulfuroso y el sulfuro rojo serán necesarias tres partes de ácido arsenioso y dos de azufre.

El fuego que se dirige desde luego con prudencia, se sostiene durante ocho horas; pasado este tiempo se deja enfriar el aparato, y se retira de los recipientes el sulfuro de arsénico rojo mezclado con sulfuro de arsénico amarillo; este se pone aparte y emplea de nuevo en otra operacion semejante.

El sulfuro de arsénico rojo obtenido de esta suerte hay que someterle á una fusion que tiene por objeto el purificarle. Esta operacion peligrosa se ejecuta bajo una chimenea cuyo tiro es muy activo. El arsénico sulfurado rojo se funde, ya sea en calderas fijas de fundicion de hierro, ya en cilindros movibles de chapa de este mismo metal, que se colocan casi verticalmente.

En estos dos casos despues de haber separado la masa fluida de la escoria que se forma por encima, se vierte con prontitud en los moldes de chapa de hierro que se cierran inmediatamente con sus cubiertas, y permanecen en este estado hasta que se han enfriado. Hasta entonces no se retira de ellos el sulfuro rojo de arsénico en pedazos que se empaquetan en los barriles y se introduce en el comercio. Los residuos que contienen las retortas se emplean en la fabricacion del sulfato de hierro.

382. *Arsénico metálico.*—La sublimacion del arsénico se ejecuta en el mismo aparato que la del sulfuro rojo de este metal. Para obtener el arsénico, se pone en las retortas ácido arsenioso pulverulento, al cual se añade bien sea un poco de carbon en polvo, limaduras de hierro y cal, bien pirita arsenical, pura y quebrantada; este último procedimiento

parece el mas ventajoso. En el primer caso, el carbon se apodera del oxígeno del ácido arsenioso y forma óxido de carbono; el hierro y la cal se apoderan del azufre, cuando el ácido que se emplea contiene sulfuro de arsénico, lo que sucede muchas veces.

En el segundo caso se desprende ácido sulfuroso y el arsénico metálico; queda por resíduo una mezcla de óxido y de proto-sulfuro de hierro.

Antes de enlodar cada una de las retortas con el recipiente que la corresponde, se coloca entre estos dos vasos una hoja de chapa de hierro, rodeada simplemente en forma de cilindro, de suerte que este pequeño tubo entre por una parte en el cuello de la retorta, y por otra en el del recipiente. Practicado esto, se enloda el aparato, se calienta y se practica en todo la operacion como se ha dicho para el sulfuro rojo de arsénico. Cuando el aparato se ha enfriado, se retiran los pequeños tubos de hierro, se desarrollan y se encuentra en ellos el arsénico sublimado en el estado metálico.

Esta sustancia presenta unos pequeños grupos de cristales brillantes, que por el contacto del aire toman al momento un color negro. En el cuello de cada recipiente se recoge ademas una mezcla de arsénico y de ácido arsenioso, que algunas veces se introduce en el comercio en este estado bajo el nombre de *piedra de moscas*; en fin, se obtiene tambien en lo interior de los vasos arsénico negro pulverulento, que se emplea de nuevo en otra operacion semejante. Con respecto al resíduo que resta en la retorta, ya hemos dicho que se emplea para la fabricacion del sulfato de hierro.

CAPITULO XII.

Boro.—Acido bórico.—Fluoruro.—Cloruro y sulfuro de boro.

383. Se conoce con el nombre de *tinkal* ó el de *borax*, una sal cuya primitiva estraccion ha tenido su orígen en algunos lagos de la India, que han sido durante mucho tiempo los únicos manantiales de provision para el comercio de esta materia. Esta sal fué largo tiempo el objeto de investigaciones inútiles ó al menos inciertas en sus resultados. En fin, se llegó á descubrir en ella la presencia de la sosa, y mas adelante la de un ácido particular á que dieron el nombre de ácido bórico. Hace algunos años que los señores Thenard y Gay-Lussac, descompusieron el ácido bórico é hicieron ver que estaba formado de una sustancia particular que gozaba de todos los caractéres de los cuerpos simples, y de cierta cantidad de oxígeno.

El cuerpo simple descubierto en el ácido bórico recibió el nombre de boro. En estos últimos tiempos ha sido el objeto de las investigaciones de M. Berzelius, que ha hecho conocer la composicion exacta de la mayor parte de lôs compuestos de que vamos á ocuparnos.

Al estudiar el ácido bórico, veremos que se ha encontrado en cantidades considerables en algunos lagos de Italia, y que esta abundancia le permite entrar como materia de fabricacion en muchas industrias.

Boro.

384. *Propiedades.*—Este es un cuerpo pulverulento, de un moreno verdoso, mas pesado que el agua, infusible, y no se volatiliza por el fuego mas violento. No tiene olor ni sabor; es mal conductor de la electricidad y del calórico. Es insoluble en el agua como en la mayor parte de los disolventes, cuando ha sido calcinado; pero en el estado de hidrato atraviesa los filtros cuando está desleido en agua pura, y no se precipita bien sino cuando el agua que se emplea contiene alguna sal en disolucion. No se disuelve en el alcohol ni aun en el estado de hidrato.

El ácido nítrico trasforma al boro en ácido bórico; ninguno de los hidratos tiene accion sobre él cuando estan puros; pero el ácido nitro-hidroclórico le trasforma en ácido bórico, y el ácido nitro-hidrofluórico le hace pasar al estado de fluoruro de boro.

Calentando este cuerpo con el nitrato de potasa se trasforma en borato de potasa. El ácido nítrico del nitrato le cede una parte de su oxígeno pasando él al estado de deutóxido de azoe.

La accion es tan viva que aun con unas proporciones de materia poco considerables, se produce una esplosion semejante á la de un tiro de fusil.

Tambien descompone el hidrato y el carbonato de potasa con deflagracion. En el primer caso, el agua se descompone y se desprende el hidrógeno; en el segundo, el ácido carbónico cede una parte de su oxígeno al boro y se trasforma en óxido de carbono; en ambos casos se produce borato de potasa.

Comparando las propiedades del boro y las del silicio, se advierte que estos dos cuerpos se asemejan mucho, pero que el boro posee en general afinidades mucho mas enérgicas.

385. *Preparacion.*—Los señores Gay-Lussac y Thenar obtuvieron el boro descomponiendo el ácido bórico fundido y pulverizado, por medio del potasio. La accion se efectúa ayudada del calor: se forma borato de potasa, y la porcion de ácido bórico que ha cedido su oxígeno al potasio para trasformarle en potasa se halla reducido al estado de boro.

386. M. Berzelius prefiere emplear el fluoruro doble de potasio y de boro. Cuando esta sal está bien seca se pone reducida á polvo en un crisol pequeño de porcelana y en seguida se coloca un pedazo de potasio de tal modo que quede perfectamente cubierto por todas partes de esta sal. Se calienta el crisol á la lámpara de alcohol de doble corriente; la reduccion se efectúa con tranquilidad, y el potasio empleado produce su efecto en la totalidad. Cuando la masa se ha enfriado se deslie en agua, el fluoruro de potasio se disuelve y el boro queda en descubierto. El licor se pone sobre un filtro, y se lava desde luego con una disolucion de hidro-clorato de amoniaco, despues con alcohol, á fin de evitar la accion que el agua pura ejerce sobre él.

En este esperimento el fluoruro de boro que hace parte de la sal doble, se descompone por el potasio, el boro queda libre, y el fluoruro de potasio que resulta se une al de la sal empleada.

Acido bórico.

Calentando el boro en el oxígeno entra en ignicion, absorve á este gas, y pasa al estado de ácido bórico, único compuesto conocido de oxígeno y de boro.

387. *Propiedades.*—El ácido bórico es incoloro, fusible á la temperatura roja, presentando un vidrio perfectamente trasparente y de una liquidez casi comparable á la del agua. Su densidad es igual á 1,830. Su sabor y su accion sobre el tornasol son muy débiles.

Cien partes de agua á 10° no puede disolver sino tres de ácido bórico á lo mas; pero á 100° disuelve 8 partes de este ácido. El ácido bórico se deposita en pequeños cristales prismáticos por el enfriamiento. Haciendo evaporar la disolucion, el agua se desprende y el ácido bórico se separa bajo la forma de pajitas cristalinas.

En uno y otro caso el ácido separado del agua se halla en estado de hidrato, y no pierde su agua sino á una temperatura roja. A la de 100° solo pierde la mitad.

El ácido bórico puro tiene tanta afinidad con el agua que cuando se le quiere conservar aun al estado vítreo, es necesario encerrarle en vasos herméticamente tapados antes que llegue á enfriarse. Sin esta precaucion no tardará en depositarse en la superficie del ácido el vapor acuoso contenido en el aire.

388. *Composicion.*—El ácido bórico está formado de

2 át. boro	=135,98	ó bien	31,19
3 át. oxígeno	=300,00		68,81
1 át. ácido	=435,98		100,00

El ácido bórico hidratado tal como se obtiene despues de la desecacion á una temperatura de 100° c., se compone de

1 át. ácido bórico	=435,98	ó bien	72,1
3 át. agua	=168,72		27,9
1 át. ácido hidratado	=604,70		100,0

Los cristales de ácido bórico formados en las disoluciones acuosas están en el estado de ácido hidratado y contienen

1 át. ácido bórico......=435,98		ó bien	56,38
6 át. agua..............=337,44			43,62
	773,42		100,00

Puede por lo tanto obtenerse el ácido bórico bajo tres estados que debe tenerse gran cuidado en no confundir.

389. *Preparacion.*—El ácido bórico se obtiene ordinariamente descomponiendo el borato de sosa en disolucion por medio del ácido sulfúrico ó hidroclórico concentrado. Se vierte poco á poco uno de estos ácidos en la disolucion de borato de sosa saturada en caliente, y en tanto que se mantiene todavia en este estado de temperatura y se continúa poniendo ácido hasta que el líquido enrojezca la tintura de tornasol de un modo permanente. De aqui se forma sulfato de sosa ó cloruro de sodio soluble, y á medida que el licor se enfria se depositan unas escamas anchas de un aspecto nacarado, muy blancas y brillantes. Este es el ácido borico. Pero en este estado no se encuentra puro. Aun poniéndole en un filtro y lavándole no es posible privarle de cierta cantidad de ácido sea el que quiera que ha servido para operar la precipitacion. Este ácido bórico impuro es conocido en medicina con el nombre de *sal sedativa de Homberg*.

Para purificarlo es necesario hacerle esperimentar la fusion ignea. Pero si se ha descompuesto el borato de sosa por medio del ácido sulfúrico, no es posible hacer uso de los crisoles de plata, platino ó terrosos, por lo cual se hace impracticable su purificacion. Los crisoles metálicos son atacados; y á pesar de que los ácidos sulfúrico y bórico no tienen accion sobre el

platino separadamente, cuando estan reunidos no tardan en agujercar los crisoles de este metal. Los terrosos son tambien corroidos, pero aqui es el ácido bórico el que se apodera de la alumina que contienen. Es preciso por lo tanto descomponer el borato de sosa por el ácido hidroclórico, lavarle lo conveniente hasta que las aguas de lavadura no contengan sal marina, desecarle y fundirle en seguida en un crisol de platino que en este caso no corre ningun peligro con tal que se le ponga al abrigo de la influencia del carbon.

Preparado de este modo el ácido bórico y disuelto en agua cristaliza en pequeños prismas y no en escamas anchas: parece que no goza esta última propiedad sino cuando contiene al otro ácido en combinacion.

390. *Estado natural.*—Para las necesidades de las artes no se prepara el ácido bórico de esta manera. En Francia se prepara actualmente el borato de sosa artificial descomponiendo el carbonato de sosa por medio del ácido bórico. Este ácido se encuentra efectivamente en gran cantidad en Toscana, de donde se esplota para las necesidades del comercio.

La existencia del ácido bórico en la localidad que acabamos de citar se reune á unos fenómenos geológicos muy notables bajo todos aspectos. Este cuerpo fué descubierto en 1776 por Hoefer y Mascagni, que le observaron ya en el estado de eflorescencia, ya disuelto en las aguas impregnadas en el suelo.

Se conocen con el nombre de *lagunas* las localidades donde se encuentra este ácido. El terreno de las lagunas está formado de una materia cenagosa, agitada sin cesar por una ebullicion aparente, debida á un desprendimiento contínuo de vapores que salen del seno de la tierra. Este desprendimiento es comparable el que produce el vapor comprimido cuando

se escapa por las válvulas de una máquina de vapor; pero este ruido es mucho mas fuerte, porque se deja oir á la distancia de media legua. Han probado muchas veces el tapar las aberturas por donde sale el vapor á fin de facilitar algunos trabajos necesarios para la esplotacion, pero á pesar de haber introducido la fuerza de unos toneles llenos de piedras en los agujeros que dan salida á los vapores, no ha bastado y han sido lanzados con violencia á grande altura al cabo de algunos momentos. Este hecho parece tanto mas singular cuanto que dichos agujeros son bastante grandes y muy numerosos en un espacio muy limitado.

Las lagunas mas ricas en ácido bórico son las de Cherchiajo, las de Monte-Cerboli y las de Castel nuovo. Las bocas de vapor de Castel nuovo estan situadas en el fondo y hácia el cuello de un valle estrecho y profundo y casi todas colocadas en línea. Las de Momte-Cerboli estan situadas en una estension de terreno de 200 metros (717,785200 pies) de longitud sobre 100 metros (358,892600 pies) de ancho.

391. Estas bocas de vapor rara vez se hallan colocadas sobre las pendientes de las colinas, y en este caso el vapor se abre paso al través de las hendiduras de las rocas y se dispersa en el aire. Al aproximarse á estas hendiduras se percibe un ruido semejante al que produce el agua cuando hierve en un vaso de orificio estrecho. Las bocas de vapor se encuentran las mas veces en el fondo ó cerca del fondo de los valles. El agua que se forma por la condensacion de los vapores se deposita sobre el terreno, le hace cenagoso y deja en él todas las materias arrastradas por el vapor. Las bocas se abren por lo comun en el fondo de un pequeño lago ahondado natural ó artificialmente y lleno de agua cenagosa é hirviendo, que los vapores tienen la precison de atravesar. Los vapores que

se desprenden por estas hendiduras, distan mucho de estar formados de agua pura. En ellos se encuentra el ácido bórico; en el olor que despiden se reconoce la presencia del ácido hidro-sulfúrico y la del betun. El analísis demuestra la existencia en ellos de los sulfatos de hierro, de cal, de magnesia y de amoniaco; ademas las paredes de las aberturas por donde se desprenden los vapores están guarnecidas de azufre cristalizado.

392. Dificil es al considerar la reunion de estos fenómenos singulares, dejar de formarse una idea, que tal vez merece la atencion. Supongamos en lo interior de la tierra una masa de sulfuro de boro y admitamos que esta masa se encuentre de tiempo en tiempo en contacto con el agua, en tal caso se producirá precisamente ácido bórico, ácido hidro-sulfúrico y mucho calor (402). Por consecuencia de todo esto, habrá el desprendimiento de vapor de agua, de ácido hidro-sulfúrico y aun de ácido bórico arrastrado por los gases. El ácido hidro-sulfúrico que se halla caliente todavia al encontrarse con el aire, dará lugar á la produccion de agua, azufre y ácido sulfúrico que producirá á su vez los sulfatos con las sustancias terrosas que componen el suelo.

Asi la naturaleza de los fenómenos, el trastorno de las capas del terreno, los productos desprendidos y la elevacion de su temperatura colocan á estas lagunas en la misma clase de los volcanes, pero hay la gran diferencia que la temperatura de su foco es demasiado baja, ó bien que la naturaleza de las rocas demasiado refractaria para que se produzcan lavas. El terreno por donde pasan los vapores está formado segun M. Brongniar de psammita calcárea (macigno), de calcárea morena, compacta, comun, con lechos poco espesos y muchas veces interrumpidos de silice córnea, de marga y de

arcilla schistosa, lo que basta para demostrar que el foco está colocado debajo de los asientos últimos del terreno de sedimento inferior que contiene al *calcareo al pin*.

393. La esplotacion del ácido bórico se hace de una manera muy sencilla. En medio de los pequeños cráteres formados á la salida de las bocas de vapor, el agua se condensa y mantiene hirviendo en razon del vapor que afluye continuamente. El líquido cenagoso que se reune allí se estrae de tiempo en tiempo, y se trasporta á las calderas donde se le hacen esperimentar algunas lavaduras con agua hirviendo. Estas lavaduras decantadas, se esponen á una evaporacion espontánea que se hace fácilmente, puesto que basta someter el líquido al calor propio del suelo. El légamo se trata de la misma manera, y se estraen de estas materias 3 ó 4 por 100 de ácido bórico en bruto, que se purifica haciéndole cristalizar de nuevo.

Este ácido contiene siempre sales de hierro y sulfato de cal. Este último se halla algunas veces en cantidad bastante grande para hacer opaco el vidrio obtenido por la fusion del ácido bórico natural. Puede purgarse fácilmente de este sulfato por algunas cristalizaciones.

394. Podria en caso necesario y tal vez con mayor facilidad todavia, esplotarse el ácido bórico observado por los señores Lucas y Maraschini en lo interior del cráter de Vulcano. En él se forman en efecto unas capas de dos á tres centímetros de (10,32 á 15,84 líneas) espesor muy blancas, fibrosas ó escamosas. El ácido se encuentra en un grado de pureza suficiente para introducirlo inmediatamente en el comercio sin mas que reunirlo y estraerlo de aquel sitio.

395. *Usos.*—El ácido bórico natural producido por las lagunas, sirve para preparar en grande el borax; en algunas fábricas de vidrio, hacen uso de este cuerpo con buen éxito,

hace parte de la composicion del strass; en fin, puede emplearse en la tintorería para reemplazar en ciertos casos al cremor de tártaro, cuyo precio es mucho mas subido. El ácido bórico llegará á ser algun dia una primera materia muy útil en la fabricacion del esmalte ó vidriado de los vasos terrosos comunes; pero su precio en la actualidad es demasiado subido para poder hacer esta aplicacion con provecho. Una esplotacion mejor dirijida sobre el trabajo de las lagunas reduciria el ácido bórico á un precio mucho mas bajo que al que se espende en la actualidad en el comercio.

Fluoruro de boro, ácido fluobórico.

396. *Propiedades.*—El fluoruro de boro descubierto por los señores Gay-Lussac y Thenard es un gas sin color, de un olor muy picante y aun sofocante, muy ácido, estremadamente soluble en el agua y de una densidad igual á 2,3124. Este gas apaga los cuerpos en combustion, no se altera por el calor ni la electricidad; resiste á la accion de casi todos los cuerpos con quienes se ha probado poner en contacto; no se descompone sino por el potasio y el sodio que pasan al estado de fluoruros y dejan al boro en libertad.

La accion de este cuerpo en el agua es de las mas activas, es el mas soluble de todos los gases conocidos, asi las probetas mas fuertes pueden romperse cuando se colocan boca abajo llenas de este gas sobre una gran cantidad de agua; tal es la fuerza con que el agua se lanza á lo interior del vaso. Puede juzgarse de la accion que ejerce sobre este líquido, por la cantidad de vapores que esparce en el aire; es efectivamente el mas vaporoso de todos los gases conocidos. Tambien puede juzgarse de su afinidad con el agua por la accion que ejerce

sobre las materias orgánicas; ennegrece inmediatamente las maderas, el papel, etc.; se apodera del agua que estas materias contienen y deja el carbono en descubierto.

397. Hasta aqui solo hemos hablado de este gas como si fuera simplemente soluble en el agua; pero hay que advertir que presenta fenómenos de descomposicion que es preciso conocer. Cuando se hacen llegar al agua 100 ó 150 veces su volúmen de este gas, se precipita ácido bórico; el agua es por lo tanto descompuesta y se forma una cantidad correspondiente de ácido hidro-fluórico; pero el fluoruro de boro no se descompone sino parcialmente, una porcion queda intacto y se combina con el ácido hidro-fluórico formado para producir hidrofluato de fluoruro de boro: este compuesto es muy ácido.

Cuando en vez de hacer llegar al agua una cantidad determinada de gas, se la satura completamente, el precipitado de ácido bórico desaparece lejos de aumentar como debia esperarse. Otro tanto sucede cuando despues de haber introducido una pequeña cantidad de este gas en el agua se evapora la disolucion. A cierto grado de concentracion, el ácido bórico depositado aumenta en cantidad, pasado este término desaparece enteramente, el licor se queda claro y puede destilarse sin dejar resíduo alguno.

El fluoruro de boro puede por lo tanto constituir un hidrato permanente, puesto que se volatiliza; pero puede descomponerse por la adicion de una gran cantidad de agua.

Este hidrato contiene una gran porcion de fluoruro de boro, porque el agua puede disolver mas de 700 veces su volúmen de este gas. La disolucion es incolora, muy densa, de consistencia oleosa y esparce muchos vapores al aire.

Cuando se la espone á la accion del calor, pierde cerca de la quinta parte del fluoruro de boro que contiene, despues

se volatiliza sin alteracion. En este último caso se asemeja al ácido sulfúrico ordinario por sus propiedades generales.

El hidrato antedicho de fluoruro de boro está formado de

1 át. fluoruro de boro.	=209,34	ó bien	65,05
1 át. agua..............	=112,48		34,95
1 át. hidrato..........	=321,82		100,00

398. *Composicion.*—El fluoruro de boro está formado de

1 át. boro............	= 67,99	ó bien	16,24
3 át. fluor.............	=350,70		83,76
2 át. fluoruro..........	=418,69		100,00

399. *Preparacion.*—El fluoruro de boro se obtiene por el procedimiento siguiente. Se toman una parte de ácido bórico fundido y dos de fluoruro de calcio; se reducen estas dos materias á polvo, se mezclan bien, se introducen en una redoma pequeña y se añaden doce partes de ácido sulfúrico bien concentrado: se calienta con suavidad la redoma y se recoge el gas sobre el mercurio. Por este medio se obtiene una gran cantidad de fluoruro de boro, pero este gas no está jamás puro. Contiene fluoruro de silicio y ácido sulfúrico en vapor. Los productos de este esperimento son sulfato de cal y fluoruro de boro. Aqui se indica un esceso considerable de ácido sulfúrico; pero si se pone menor cantidad, el agua abandonada por el ácido que se combina con la cal, retendrá al fluoruro de boro en su totalidad, y apenas habrá desprendimiento de gas.

Cuando se desea obtener la disolucion acuosa de fluoruro de boro, es necesario hacer uso de un método particular. Se

hace llegar al tubo que conduce el gas, á una probeta que está bien seca, en seguida se va echando mercurio hasta que el estremo del tubo que entra en la probeta se cubra á la altura de algunas líneas, despues se vierte por encima del mercurio el agua que se quiere emplear, y por este medio el gas no viene á contacto con el agua hasta despues de haber atravesado la capa de mercurio, evitando de este modo la absorcion que la gran solubilidad del gas no dejaria de ocasionar. Es necesario mantener la probeta en baño de agua fria, porque el gas que se disuelve eleva la temperatura del agua mas allá de 100°, lo que hará que la disolucion sea muy imperfecta.

Vale mas cuando se desea obtener el gas puro, esponer en un tubo de hierro elevado á la temperatura roja una mezcla de ácido bórico y de fluoruro de calcio. Por este procedimiento se obtiene borato de cal y se desprende el fluoruro de boro.

Cuando por el contrario, se quiere obtener el fluoruro disuelto, se consigue inmediatamente disolviendo el ácido bórico en el ácido hidrofluórico dilatado en agua.

Por medio de estos dos procedimientos los productos que se obtienen estan puros.

Cloruro de boro.

400. *Propiedades.*—Este cuerpo es gaseoso, sin color, de un olor muy picante, esparce muchos vapores en el aire, pero no tantos como el fluoruro de boro; es muy ácido, muy soluble en el agua, de una densidad igual á 3,942 cuando menos, porque el cálculo daba 4,079, pero el esperimento fué practicado con un gas muy impuro. Apaga los cuerpos en combustion y no se descompone por el calor; en fin, no cambia de estado á 20° bajo la presion ordinaria.

Este gas se asemeja como se advierte el fluoruro de boro bajo muchos aspectos, y se diferencia de este cuerpo principalmente en su afinidad con el agua, que es mucho menor. Asi se observa que los vapores que esparce en el aire no son tan espesos como los del fluoruro; su accion sobre las materias orgánicas es tambien menos activa porque no las ennegrece de ningun modo.

Descompone por lo tanto el agua y tal vez mas completamente que el fluoruro de boro. Se disuelve instantáneamente en este líquido y asi que la cantidad de gas incorporada es suficiente, se precipita ácido bórico. Haciendo evaporar la disolucion, deja siempre un resíduo de ácido bórico, lo que parece probar que los fenómenos analizados en el fluoruro de boro no se reproducen aqui, ó que el cloruro no constituye por lo menos un hidrato volátil. La accion de este cuerpo con el agua parece mas sencilla y tal vez se forma solamente ácido hidro-clórico y ácido bórico.

Composicion.—Este cuerpo está formado de

1 át. boro.............	=67,99	ó bien	9,29
3 át. cloro.	=663,96		90,71
2 át. cloruro de boro..	=731,95		100,00

es decir que un volúmen de vapor de boro y tres volúmenes de cloro se condensan en dos volúmenes.

401. *Preparacion.*—El cloruro de boro puede obtenerse por tres procedimientos diferentes. El primero empleado por M. Berzelius consiste en calentar el boro con el cloro puro y seco. El boro se inflama prontamente y el cloruro de boro que se recoge sobre el mercurio se purifica del esceso de cloro por la accion de este metal. El segundo método emplea-

do por M. Despretz, consiste en tratar el boruro de hierro por el cloro de la misma manera que el anterior. En esta operacion se forma cloruro de hierro que se solidifica y cloruro de boro que se separa tambien por medio del mercurio. Estos esperimentos pueden hacerse en tubos de vidrio que se calientan á la lámpara de espíritu de vino. El tercer procedimiento empleado por mí, exige una temperatura mas elevada y no produce jamás el gas puro; consiste en tratar por medio del cloro una mezcla de ácido bórico bien seco y de carbon calcinado, ambos bien reducidos á polvo. La mezcla se introduce en un tubo de porcelana, al que se hace pasar una corriente de cloro seco, se eleva la temperatura en el tubo hasta el grado rojo, y el gas se desprende y recoge sobre el mercurio por el método ordinario. Es necesario que el tubo de porcelana esté previsto de una alargadera á cuya estremidad se adapta el tubo encorbado que ha de servir para recoger el gas. Este tubo debeser algo ancho; estas precauciones tienen por objeto el evitar la obstruccion del tubo que podria suceder por el depósito de cierta cantidad de ácido bórico ó de cloruro de aluminio. El gas obtenido de esta suerte contiene cuando se ha conducido bien el esperimento dos volúmenes de cloruro de boro y tres de óxido de carbono; pero ordinariamente se encuentra ademas ácido hidroclórico formado por el agua de los tapones de corcho que están adaptados á los tubos y por el esceso de cloro. El mercurio absorve muy bien á este último gas; pero no puede separarse por el momento el ácido hidroclórico y el óxido de carbono del cloruro de boro. A pesar de estos inconvenientes, este procedimiento puede ser útil en razon de la facilidad de su ejecucion. Su teoría es evidente; el carbono se apodera del oxígeno del ácido bórico, mientras que el boro se combina con el cloro. El carbono y el cloro separa-

damente no podrian cada uno descomponer este ácido; pero reunidos efectuan como se advierte su completa descomposicion. Mas adelante hallaremos ejemplos del mismo género.

Sulfuro de boro.

402. El boro se inflama en el vapor de azufre cuando se le calienta á una temperatura elevada. A la de 300 á 400° no se verifica la accion. El sulfuro que se produce es una masa blanca y opaca; el agua le trasforma rápidamente en ácido hidro-sulfúrico y en ácido bórico. El líquido viene á ser siempre lechoso á causa de la precipitacion de un esceso de azufre contenido en el sulfuro.

Segun M. Berzelius, á quien son debidas estas observaciones, el boro parece capaz de formar muchos sulfuros.

CAPITULO XIII.

Silicio.—Hidruro de silicio.—*Acido* silícico ó silice.—Fluoruro.—Cloruro y sulfuro de silicio.

403. El silicio no ha sido conocido hasta estos últimos años; pero no asi el óxido ó mas bien el ácido que forma combinándose con el oxígeno. Este compuesto constituye la mayor parte de los guijarros que se encuentran á la superficie de la tierra, y que son susceptibles por su dureza de producir chispas con el eslabon.

Los primeros esperimentos que condujeron al descubrimiento del silicio fueron practicados por los señores Gay-Lussac y Thenard; pero el resultado real se ocultó enteramente á los medios de investigacion de que podian disponer entonces.

En estos últimos tiempos M. Berzelius ha continuado estas investigaciones, y ha llegado no solamente á obtener aislado el silicio, sino á descubrir el medio de obtenerle en cantidades bastante grandes para someterle á numerosos ensayos, y hacer el analísis directo de sus principales combinaciones.

Al final de este artículo colocaremos la historia de la silice. Este es el único de los compuestos de que vamos á ocuparnos que se halla en la naturaleza, y que se aplica directamente á las necesidades de las artes. De la silice es de donde se estraen todos los productos formados por el silicio.

Silicio.

404. *Propiedades.*—El silicio se presenta bajo la forma de un polvo de color moreno de avellana oscuro; no manifiesta el menor brillo metálico, no es fusible ni volátil; es mas pesado que el agua, no se disuelve en este líquido, ni tampoco le descompone. El polvo de silicio adhiere al papel y le mancha profundamente; lo mismo se pega al vidrio de los vasos donde se encierra aun cuando estos estén bien secos: es muy mal conductor de la electricidad.

El silicio, que no ha podido separarse del oxígeno con quien está combinado en la silice, hasta estos últimos tiempos, tiene no obstante muy poca tendencia á combinarse con este gas. Se le puede muy bien calentar hasta el grado rojo al contacto del aire sin que esperimente la oxidacion. Calentándole del mismo modo en el oxígeno, le absorve, pero tan lentamente y de una manera tan poco activa, que no se le puede convertir en silice sino con mucho trabajo. No se oxida aun cuando durante su estado rojo se pongan en contacto con él algunos fragmentos de clorato de potasa. Al grado de fuego

blanco, el nitrato de potasa le oxida con mucha prontitud; pero á una temperatura mas inferior el efecto es casi nulo. *Con el carbonato de potasa al grado de fuego rojo y aun mas bajo se quema fácilmente produciendo una viva inflamacion.* La masa toma un color negro en razon del carbono que se deposita, si la porcion de carbonato es pequeña, ó bien queda blanco y se desprende el óxido de carbono si esta proporcion es muy grande. Esta clase de reaccion da lugar á un fenómeno paradójico; si se calienta el silicio con el nitrato de potasa, el efecto es nulo; pero si se añade un poco de carbonato de potasa, el silicio se trasforma de repente en silice, el carbono descompone al ácido nítrico, y se desprende ácido carbónico y deutóxido de azoe. La reaccion es tan pronta que se produce una detonacion. Todos estos efectos pueden comprenderse muy bien, por singulares que sean, admitiendo que el silicio no tiene por sí mismo mucha tendencia á combinarse con el oxígeno, y que por el contrario, la adquiere en alto grado bajo la influencia de los alcalís poderosos, como la potasa y la sosa.

Se encuentra una confirmacion de esta idea en la accion que el hidrato de potasa ó de sosa ejercen sobre él. Mucho mas bajo de la temperatura roja se produce una viva incandescencia acompañada de una detonacion. El agua de estos hidratos se descompone; se forma silicato de potasa y se desprende el gas hidrógeno.

Ninguno de los ácidos puros tiene accion sobre el silicio; este cuerpo no es atacado sino por una mezcla de ácido nítrico é hidrofluórico; se forma fluoruro de silicio, agua y se desprende deutóxido de azoe.

405. *Preparacion.*—El potasio descompone la silice, pero la proporcion de silicio puesta en libertad es tan pequeña que no es posible aislarla.

El hierro descompone tambien al fluoruro de silicio ; pero el producto de esta descomposicion es fluoruro de hierro y siliciuro de este metal. Luego todos los siliciuros metálicos de los cuales es necesario estraer el metal por medio de un ácido no producen silicio, porque bajo esta influencia el silicio descompone el agua y se trasforma en silice.

El éxito, por el contrario, es muy seguro usando el procedimiento de M. Berzelius, á quien se debe el descubrimiento del silicio. Para ponerlo en práctica se toma el fluoruro doble de silicio y de potasio, reducido á polvo y bien desecado, se coloca en un tubo de vidrio con el potasio en capas alternativas y dispuestas de tal modo que pueda calentarse toda la masa al mismo tiempo. Para esto se hace uso de una lámpara de alcohol , y aun antes del calor rojo el silicio es reducido produciendo un pequeño silvido y una débil apariencia de calor; no se desprende ningun gas ; queda por residuo fluoruro de potasio, siliciuro de potasio y el esceso de la sal doble empleada.

Cuando la materia se ha enfriado, se dilata en una gran cantidad de agua ; el fluoruro de potasio y el esceso de la sal doble se disuelven; el siliciuro de potasio descompone el agua; el potasio pasa al estado de potasa y la mayor parte del hidrógeno se desprende; pero una pequeña porcion se combina con el silicio y se trasforma en hidruro sólido. Se decanta, se lava en frio hasta que el agua de lavaduras no dé señales alcalínas, pero asi que esta reaccion ha cesado , se lava la materia con agua hirviendo. Esta operacion es muy larga. Las lavaduras deben continuarse hasta que el agua que se obtiene por ellas, no dejen al evaporarse la menor mancha en el fondo de la cápsula.

En el filtro queda hidruro de silicio mezclado con un poco

de silice. Este producto se deseca, se pone en un crisol, y se eleva á una temperatura casi roja, y el crisol se deja abierto durante algun tiempo. El hidruro se destruye perdiendo su hidrógeno. Si este gas arde al desprenderse, el silicio corre riesgo de inflamarse tambien; en este caso es preciso tapar el crisol y disminuir la temperatura. Al cabo de algun tiempo se eleva de nuevo la temperatura poco á poco hasta el grado rojo, y se mantiene á este grado durante algunos instantes.

En el crisol queda una mezcla de silicio y de silice; se humedece la materia despues de enfriada con el ácido hidrofluórico debilitado y puro, se deja en digestion durante algunas horas, al cabo de las cuales se dilata en agua, se filtra y se lava. Entonces el silicio se encuentra puro, y goza todas las propiedades que hemos espuesto anteriormente.

406. *Estado natural y usos.*—El silicio al estado de pureza no tiene uso alguno, ni se encuentra en la naturaleza. Combinado con el oxígeno forma la silice, uno de los productos mas abundantes en la capa superior de la tierra, y al mismo tiempo uno de los cuerpos de mas empleo en las artes. El silicio juega un papel muy importante en la fabricacion del hierro y en la del acero.

Hidruro de silicio.

407. Ya hemos hecho mencion de este compuesto en la preparacion del silicio; es muy poco conocido, pero debemos indicar aqui sus principales caractéres para demostrar hasta qué punto se diferencia del silicio, al cual se asemeja mucho en apariencia.

El hidruro de silicio difiere poco por el color y las demas propiedades físicas del mismo silicio; pero sus propiedades

químicas son muy distintas. A un grado de calor inferior al rojo, se inflama por el contacto del aire, y mucho mejor por el del oxígeno; arde con mucha vivacidad, dejando un residuo gris que está formado de silice y de un poco de silicio que escapa á la combustion. Se disuelve en el ácido hidrofluórico perdiendo su hidrógeno, desaloja el del ácido y pasa al estado de fluoruro de silicio, propiedad que el silicio no posee. Se disuelve igualmente en las disoluciones concentradas de potasa y sosa aun en frio, con desprendimiento de hidrógeno; el agua se descompone en este caso, y se forma silicato de potasa.

El azufre, que no tiene accion sobre el silicio, se combina muy bien con su hidruro; muchos cuerpos se hallan probablemente en el mismo caso.

Aqui se advierte por qué el silicio no puede estraerse sino con mucha dificultad de sus combinaciones, pudiendo el hidruro que se forma desde luego, absorver el oxígeno bajo influencias tan variadas.

Fluoruro de silicio. Acido fluórico. Silice.

408. *Propiedades.*—Este cuerpo es gaseoso, sin color, esparce vapores al aire aunque mucho menos que el fluoruro de boro; su olor es picante y sofocante á la vez; es muy ácido, su densidad es igual á 3,600. Apaga los cuerpos en combustion y no se descompone por el calor.

La accion del agua sobre este gas es muy notable. Le hace esperimentar repentinamente una descomposicion parcial, pasa al estado de hidrofluato de fluoruro de silicio, que se disuelve en ella, y de silice que se deposita en forma de jalea. El agua puede descomponer ó disolver de esta manera hasta

265 veces su volúmen de este gas. La silice puede separarse por la filtracion y obtener de este modo el hidrofluato de fluoruro.

El hidrofluato de fluoruro de silicio es muy ácido. Este cuerpo retiene siempre la silice en disolucion á menos que no esté muy concentrado. No puede obtenerse separado del agua porque cuando se trata de concentrarle pasa con ella á la disolucion. Tiene la propiedad de saturar las bases y formar por este medio los fluoruros dobles. Un esceso de base le descompone por lo tanto, y se forma entonces un fluoruro simple y un depósito de silice; de esta manera puede separarse de él todo el silicio.

409. *Composicion.*—El fluoruro está formado de

1 át. silicio............=	92,6	ó bien	28,34
2 át. fluor..............=	233,8		71,66
1 át. fluoruro de silicio.=	326,4		100,00

Los productos de su accion sobre el agua son los siguientes:

Productos empleados.		Productos obtenidos.	
3 át. fluoruro de silicio........=	979,20	1 át. silice.......=	192,60
2 át. agua.....=	112,48	2 át. hidrofluato de fluoruro de silice=	899,08
	1091,68		1091,68

El hidrofluato de fluoruro de silicio está compuesto de

2 át.	ácido hidrofluórico	=123,14
1 át.	fluoruro de silicio	=326,40
1 át.	hidrofluato de fluoruro	=449,54

410. *Preparacion.*—La preparacion de este cuerpo es muy sencilla. Se mezclan partes iguales de fluoruro de calcio y de arena silicea, ambas bien pulverizadas; la mezcla se coloca en un matraz, se vierte por encima y de una vez una cantidad de ácido súlfurico concentrado suficiente, para formar una pasta; se mezcla bien con una barilla de vidrio y se adapta al matraz un tubo encorbado para recoger el gas. Este se desprende ya en frio, pero bien pronto hay necesidad de calentar el matraz, lo cual es necesario hacer con precaucion. El gas se recoge sobre el mercurio, y en el matraz queda por residuo sulfato de cal.

Productos empleados.		Productos obtenidos.	
1 át. silice	= 192,60	1 át. fluoruro de silicio	=326,40
1 át. fluoruro de calcio	= 489,83	1 át. sulfato de cal	=857,19
1 át. ácido sulfúrico	= 501,16		
	1183,59		1183,59

Si en vez de fluoruro de silicio gaseoso, se desea obtener el hidrofluato de fluoruro en disolucion, se hará uso del aparato y del método indicados para el hidrofluato de fluoruro de boro (399). Si no se emplea una capa de mercurio para preservar del contacto inmediato del agua al tubo que condu-

ce el gas, se formará un depósito de silice que obstruirá prontamente el tubo y el aparato hará una esplosion.

Podrá tambien tratarse la arena silicea reducida á polvo fino, por el ácido hidrofluórico dilatado en agua. La accion se verifica en frio, se termina al cabo de veinte y cuatro horas, y el producto es muy puro, y no contiene nada de silice en disolucion.

Cloruro de silicio.

411. *Propiedades.*—El cloruro de silicio es líquido, sin color trasparente y semejante al éter sulfúrico por su fluidez. Es mucho mas pesado que el agua y hierve antes de los 100°; asi se evapora con prontitud al aire libre. Descompone el agua y resulta de esta descomposicion silice y ácido hidroclórico; de lo cual se deduce que debe producir en el aire un vapor blanco y de un olor picante, lo que sucede efectivamente. La densidad de su vapor es igual á 5,939.

Este compuesto es poco conocido, pero pueden preverse la mayor parte de sus efectos comparándole al cloruro y al fluoruro de boro ó al fluoruro de silicio, con los cuales tiene la mayor relacion.

El potasio le descompone ayudado del calor, y se forma cloruro y siliciuro de potasio. Por este medio debe ser fácil estraer el silicio de este compuesto.

Composicion.—Segun su accion sobre el agua está sin duda alguna formado de

1 át. silicio............	= 92,6	ó bien	17,3
2 át. cloro.............	=442,6		82,7
1 át. cloruro de silicio.	=535,2		100,0

412. *Preparacion.*—M. Berzelius, que ha sido su descubridor, le obtiene tratando el silicio ó el hidruro de silicio por medio del cloro seco, ayudando la accion por el calor. El uno y el otro se inflaman al hallarse en contacto con este gas y continuan ardiendo hasta que se convierten enteramente en cloruros.

M. Oerstedt ha llegado á obtener el cloruro de silicio por un procedimiento mas cómodo. El cloro y el carbono tomados separadamente no tienen accion sobre la silice; pero reunidos ejercen su accion sobre esta sustancia y se forma cloruro de silicio y óxido de carbono, con tal que se opere la reaccion á la temperatura roja. Para hacer este esperimento se coloca una mezcla de carbon y de silice calcinados en un tubo de porcelana, al cual se adaptan una alargadera y un balon tubulado rodeado de hielo. En la tubuladura del balon se coloca un tubo recto, destinado á dar salida al esceso de cloro y de óxido de carbono que se dejan perder por la chimenea del edificio. Preparado asi el aparato se conduce el cloro seco al tubo de porcelana, este se calienta hasta el grado rojo y el esperimento marcha por sí mismo. El cloruro de silicio se condensa en el balon y el óxido de carbono se pierde por el tubo.

El cloruro de silicio preparado de esta suerte está siempre acompañado de cierta cantidad de cloro; pero se le purga de él introduciéndole en una pequeña retorta con un poco de mercurio bien seco agitándole y destilándole en seguida. El cloro en esceso es absorvido por este metal; forma protocloruro de mercurio que queda en la retorta mientras el cloruro de silicio se desprende puro.

Sulfuro de silicio.

413. Este cuerpo es blanco, poco ó nada volátil, de aspecto terroso, exhala un olor como el ácido hidro-sulfúrico. No se descompone por la sola accion del calor, pero si se le calienta al contacto del aire se trasforma en silice y en ácido sulfuroso.

El agua le descompone y le trasforma repentinamente en ácido hidro-sulfúrico y en silice. Esta última se disuelve en el agua y se disuelve tambien, que el líquido se convierte en jalea por una ligera evaporacion, y si la evaporacion se lleva hasta sequedad, quedá la silice en una masa trasparente como la goma ó un barniz.

La composicion de este sulfuro es evidente, segun su reaccion sobre el agua. Debe estar formado de 1 átomo de silicio y 1 átomo de azufre.

Con respecto á su preparacion es muy sencilla, puesto que basta calentar hasta el grado rojo hidruro de silicio en contacto con el vapor de azufre. Es muy raro que se obtenga sin mezcla de silicio sin sulfurar. El silicio no es atacado por el azufre, por esto es preciso servirse del hidruro para esta operacion.

Acido silícico, silice.

414. *Propiedades.* El ácido silícico no tiene color ni olor; cuando se halla en masa es trasparente, y cuando en polvo es de un blanco perfecto. No es fusible ni volátil, á menos que se le esponga á la accion del soplete de gas hidrógeno y oxígeno, en cuyo caso funde produciendo un vidrio incoloro. Es de todo punto insoluble en el agua cuando se ha calentado antes has-

ta el grado rojo, pero en el estado de hidrato se disuelve ligeramente, tiene poca ó ninguna accion sobre los colores vegetales; pero su accion sobre las bases no permite dudar que obra como ácido, su densidad es igual á 2,652.

Pocos cuerpos son capaces de alterar la silice; es necesario en general presentarla á la vez un cuerpo que pueda unirse á su oxígeno y otro que sea susceptible de combinarse al mismo tiempo con el silicio. Asi es como obran el cloro y el carbon reunidos (412), produciendo como hemos dicho óxido de carbono y cloruro de silicio; asi como se conduce el ácido hidro-fluórico, y se forma agua y fluoruro de silicio (410); asi como el potasio obra por sí solo sobre la silice descomponiéndola y formando á la vez óxido de potasio y siliciuro de potasio. En fin, el hierro y el platino reunidos al carbon, pueden tambien descomponer la silice á una temperatura elevada, en cuyo caso se forma óxido de carbono y siliciuros de hierro y de platino.

415. *Preparacion.*—La preparacion de este cuerpo está fundada sobre la naturaleza ácida de la silice: con efecto, se toma arena silicosa y se mezcla con ocho ó diez veces su peso de carbonato de sosa, se coloca esta mezcla en un crisol de barro ó de platino, y se calienta al grado rojo hasta que la mezcla esté en fusion perfecta. La silice desaloja al ácido carbónico, ocupa su lugar y forma un silicato de sosa soluble en el agua, que queda mezclado con el esceso de carbonato. Cuando la masa se ha enfriado se la reduce á polvo, se trata por el agua hirviendo que la disuelve y se la añade un esceso de ácido hidro-clórico. Aqui se forma cloruro de sodio soluble, el ácido carbónico del carbonato se desprende y la silice se precipita, cuando menos en parte; pero para evitar la pérdida todo lo posible y oponerse á su disolucion en el agua, es ne-

cesario evaporar el producto hasta sequedad. En seguida se humedece el resíduo con ácido hidroclórico concentrado, y se abandona asimismo durante algunas horas. Despues de este tiempo se añade agua, se pone sobre un filtro y se lava; la silice queda pura, muy blanca y ligera.

La adicion del ácido hidro-clórico tiene por objeto el redisolver algunas porciones de peróxido de hierro que se han separado durante la evaporacion del ácido hidro-clórico empleado desde luego. Aquel tiene por objeto el deshidratar la silice á fin de hacerla insoluble en el agua.

Composicion.—La silice está formada de

1 át. silicio..............	=92,6	ó bien	48,08
1 át. oxígeno............	=100,0		51,92
1 át. silice...............	=192,6		100,00

416. *Usos.*—Estos son importantes y numerosos á la vez, la silice pura ofrece muchas piedras estimadas en el arte de la joyería, sirve para hacer las piedras de fusil, entra bajo la forma de arena en la composicion de los morteros y en la de todos los vasos terrosos : hace parte esencial de casi todas las arcillas de las cales hidráulicas, de la mayor parte de las piedras duras que se hallan en la superficie del globo y contribuye con mucho á su dureza; forma la base de todos los vidrios; por esto los químicos antiguos la dieron el nombre de tierra vitrificable; entra en la composicion delos esmaltes, del strass, etc. En la esplotacion de las minas de hierro y de cobre se saca tambien una ventaja estraordinaria de este cuerpo, asi como en otros muchos trabajos metalúrgicos. En todos estos objetos merece la silice un exámen detenido.

417. *Estado natural.*—Las nociones que acabamos de dar sobre este cuerpo serian incompletas, si no añadiéramos aqui algunos detalles sobre las diversas modificaciones bajo las cuales se presenta la silice en la naturaleza, y sobre los usos inmediatos que se ha hecho de ella en estas diversas formas. Pueden muy bien colocarse las principales variedades de silice natural en dos divisiones, el cuarzo y el pedernal.

El cuarzo comprenderá todas las variedades de silice que conservan su traspariencia al grado de calor rojo, y el pedernal todas aquellas que son opacas y pierden probablemente un poco de agua. Pero es mucho mas cómodo establecer algunas divisiones mas en esta clase de productos naturales, y clasificarlos en seis subespecies, á saber: el *cuarzo*, la *agata*, la *piedra de chispa*, *la piedra de molino*, el *ópalo* y la *piedra arenisca.* Esta distincion es necesaria, bien se tenga por objeto la historia química de la silice, bien se la considere bajo el aspecto geológico, ó bien en fin, que solo se busquen las aplicaciones útiles que tiene en las artes.

418. *Cuarzo.*—El cuarzo comprende todas las variedades de silice que estan cristalizadas ó son cristalinas, que son trasparentes y que no pierden esta propiedad á un grado de fuego rojo.

No se ha encontrado todavia ningun medio á propósito para determinar la cristalizacion artificial de la silice. La naturaleza nos ofrece este cuerpo en cristales generalmente muy limpios y algunas veces de un gran volúmen en una multitud de localidades. La forma mas comun de estos cristales consiste en un prisma de seis caras, terminados por pirámides de seis lados; su densidad es de 2,58 á 2,65. Estos cristales estan formados en general de silice pura, pero algunas veces se en-

cuentran señales de alumina y otras tambien de óxidos colorantes en muy pequeña proporcion.

El cuarzo produce fuego con el eslabon como todo el mundo sabe ; es bastante duro para herir al cristal y al acero. Cuando está cristalizado é incoloro se designa bajo el nombre de *cristal de roca.*

Se encuentran en las montañas de la Suiza , de Saboya y Madagascar cristales de cuarzo de una limpieza perfecta y de un volúmen bastante grande para poder sacar partido de ellos en muchas circunstancias. Estos cristales se tallan para hacer objetos de adorno é instrumentos de óptica. Se emplean tambien para fabricar los cristales de los anteojos comunes que tienen la ventaja de no empeñarse por el frotamiento, de tal suerte que despues de muchos años de servicio el pulimento de su superficie se halla tan brillante como al principio. Se sabe que los vidrios comunes pierden bien pronto su pulimento por el rozamiento que se les hace esperimentar al sacarlos y meterlos en el estuche y tambien al limpiarlos.

El siguiente analísis es hecho por Bucholz, sobre un cristal de roca y un pedazo de cuarzo sin cristalizar.

	Cristal de roca.	Cuarzo.
Silice	99,37	97,75
Alumina	0,63	0,50
Agua	0,00	1,00
Pérdida	0,00	0,75
	100,00	100,00

419. Cuando el cuarzo está teñido de color y este color es puro , la joyería saca mucho partido de él para los adornos

de engaste, cuyo precio no es jamás muy subido. El Brasil suministra al comercio una variedad infinita de cristales de cuarzo teñidos de diversos matices. Los nombres que reciben estos cristales son los que tienen analogía con las piedras preciosas á que se asemejan. Estos cuarzos pueden imitarse todos por medio del strass, pero como el brillo que resulta no es jamás muy superior tienen poco aprecio. No citaremos aqui sino la variedad de colores determinados.

Se encuentra en Carinthia una variedad de cuarzo amarillo claro que se conoce en el comercio con los nombres de *topacio falso*, *topacio de Bohemia y topacio occidental.*

Este cuarzo está coloreado por el peróxido de hierro.

Se llama *rubí de Bohemia ó de Silesia* á un cuarzo de color de rosa muy hermoso que se encuentra en Rabenstein en Baviera, y que tambien se ha encontrado en Finlandia y cerca de Cork en Irlanda. Se atribuye su color al óxido de manganeso; pero es dudoso que este óxido pueda suministrar esta clase de matiz.

La amatista no es tampoco sino una variedad de cuarzo de color violeta. Este color es debido á la presencia de un poco de óxido de manganeso: se halla principalmente en los montes Ourales en Siberia y en Oberstein, acompañando á las agatas. Se encuentran con frecuencia geodas cuya capa esterior es de agata y que en su capacidad interior estan guarnecidas de cristales de amatista. Esta variedad de cuarzo es la única que tiene un gran valor, cuando los pedazos son de una dimension regular y estan teñidos de un hermoso matiz.

Los resultados del analísis de la amatista hecho por Rose son los siguientes:

Silice	97,50
Alumina	0,25
Oxido de hierro	0,50
Id. de manganeso	0,25
Pérdida	1,50
	100,00

En fin, se conoce con el nombre de *topacio ahumado*, ó de cuarzo ahumado una variedad muy comun, cuyo color es de un moreno mas ó menos intenso, y cuya limpieza es por otra parte perfecta. Este color parece debido á la presencia de una materia orgánica.

420. El cuarzo presenta todavia otros muchos accidentes que es necesario notar: algunas veces sus cristales son negros, otras tienen un aspecto graso, una fractura untuosa como si estuvieran embebidos ó frotados con aceite. Estos se encuentran verdes y lechosos; se halla tambien otro cuyo aspecto presenta diversos accidentes mas ó menos agradables, en razon de las sustancias estrañas que se hallan encerradas en sus cristales, ó de las alteraciones del tegido que forman sus fisuras ó nebulosidades.

Muchas veces se encuentran en los grandes cristales de cuarzo, unos filamentos dorados de una longitud que suele ser muy grande. Estos son casi siempre cristales de óxido de titano en agujas que parecen haber sido encerrados en el momento de la formacion del cristal.

Otras presentan tambien los cristales de cuarzo una infinidad de pequeñas burbujas, que estan con frecuencia dispuestas sobre el mismo plano y contienen ya agua, ya una sustancia oleosa, ya un gas que M. Davy ha reconocido por

azoe dilatado, como si hubiera sido encerrado cuando la materia se hallaba á una temperatura muy elevada.

En fin, los cristales de cuarzo contienen algunas veces una infinidad de láminas de mica. Esta variedad toma en el comercio el nombre de *venturina*, nombre genérico por otra parte que se aplica á todos los cristales que presentan el mismo accidente. Los juegos de luz producidos por la reflexion que se efectúa en la superficie de las láminas de mica, dan á estas clases de piedras un aspecto muy agradable.

Estas piedras han llegado á imitarse perfectamente partiendo del mismo principio, es decir, en cerrando pequeños cristales laminosos en una pasta trasparente (vease strass).

421. El cuarzo cristalizado se presenta bajo colores tan variados que puede asegurarse que su presencia es abundante en la naturaleza. En efecto, la silice cuarzosa se halla casi siempre como elemento esencial en todas las rocas de formacion antigua, donde está mezclada con el felspato, la mica, el anfibol etc.

El cuarzo se encuentra solo algunas veces; pero en grandes masas es muy raro; constituye casi siempre en este caso los filones en las montañas primitivas. Estos filones son con frecuencia *estériles*; pero tambien se encuentran acompañados de diversos minerales metalíferos.

422. *Agata.*—Las piedras conocidas bajo este nombre estan casi enteramante compuestas de silice y solo encierran algunos indicios de sustancias estrañas que les dan colores vivos, brillantes y muy variados, bien sea por el tono, bien por su disposicion. La pasta que constituye las agatas es estremadamente fina; su fractura es del aspecto de la cera escamosa ó vitrea. Son susceptibles de un hermoso pulimento, se trasforman en un color blanco por el fuego y no poseen

jamás una trasparencia perfecta como la del vidrio ó la del cuarzo.

Sus aplicaciones varian: unas veces se reservan á la joyería, otras para hacer los bruñidores, otras para hacer morteros muy estimados á causa de su dureza. Tambien se hacen de ellas sellos, saleros, mangos de cuchillos, botones, etc.

Las agatas presentan ordinariamente capas concéntricas muy variadas por sus inflexiones, pero sensiblemente paralelas entre sí. Estas capas tienen en general colores muy puros y estan casi siempre matizados de una manera agradable. Algunas agatas encierran particularidades ocasionadas por algunos cuerpos estraños que presentan como lunares en su interior, y entonces se les da el nombre de agatas *manchadas*. Se conocen con el nombre de agatas *herborizadas ó espumosas* las piedras de este género en cuyo interior se advierten dibujos morenos, negros, verdes ó verdosos que se asemejan á los arbolados ó á los hilitos verdes qué sobrenadan á la superficie del agua estancada. La semejanza suele ser tal, que en algunas ocasiones se ha creido que estos conferves ó hilos eran verdaderos y que habian sido envueltos en la agata al tiempo de su formacion; pero esto parece ser un error y que el color verde es debido á la presencia de algunos óxidos metálicos; con respecto á la forma de su dibujo nada tiene de particular, porque se halla en otras muchas circunstancias análogas.

En cuanto al aspecto del color, las agatas presentan grandes variaciones y se subdividen en el comercio en muchas variedades conocidas por nombres distintos. Las hay de un color rojo de sangre, tal es la *(cornalina)* de naranja esta es la *(sardonix)*, verde subido manchado de rojo, es el *(eliotropo)*, verde manzana la *(criso prasa)*, blanco lechoso, algunas

veces matizado de diversos colores *(calcedonia)*, blanco de leche casi opaco *(cacholonga)*. La cacholonga y la calcedonia estan formadas de silice pura; la crisoprasa está coloreada por el óxido de niquel, el eliotropo por el protóxido de hierro y la cornalina asi como la sardonix por el peróxido del mismo metal.

423. Las cavidades donde se forman las agatas no siempre estan llenas de esta materia. Muchas veces su interior se encuentra vacío y en este caso se hallan cristales de diversa naturaleza colocados en la superficie interior de la agata. Estas bolas huecas se conocen con el nombre de *geodas*; estas cavidades suelen estar llenas de agua, y en tal caso se llaman agatas *enhidras*, cuyo nombre es preciso no confundir con el de anhidras, porque la significacion es precisamente inversa. El primero quiere decir con agua y el segundo sin agua.

El aspecto y la testûra de las agatas manifiestan lo bastante que la silice que las forma ha estado en su orígen en un estado gelatinoso como lo ha hecho observar Brongniart. Esta opinion se confirma, observando que en las agatas consideradas en su colocacion, las capas inferiores son mas anchas y mas gruesas que las superiores, como si la materia primitivamente medio fluida hubiera obedecido á las leyes de la pesantez.

Los naturalistas han admitido hasta aqui, que esta silice en jalea habia penetrado en las cavidades que encierran la agata por medio de un pequeño canal superior ó lateral, hácia el cual convergen todas las capas, lo cual se observaba muchas veces en los pedazos que se reunian con cuidado; pero no han podido ocultar la dificultad de tal hipótesis. ¿Cómo se esplica en efecto, que la silice existente de una blancura tan

superior, ha podido atravesar para llegar al sitio que ocupa, las diversas capas manchadas con tantas materias pulverulentas? ¿Cómo hubieran llegado á estas cavidades sin dejar algunas señales de su paso en las hendeduras de las rocas? ¿Cómo sobre todo, las mismas cavidades de las agatas hubieran podido recibir los cristales de diversas sustancias que se encuentran en ellas con tanta frecuencia?

Estas dificultades y otras muchas que omitimos nos parecen de todo punto leves, si se admite que las cavidades que contienen á las agatas han estado en otro tiempo ocupadas por masas de un compuesto de silicio, análogo al sulfuro de este cuerpo, por ejemplo. Con tal que estas cavidades sean permeables al agua, se concibe bien que puede trasformarse el sulfuro en ácido hidro-sulfúrico quese desprende y en silice que queda bajo la forma de jalea y que se endurece poco á poco hasta convertirse en agata. Bien sea que el agua llegue por medio de un pequeño agujero lateral, ó bien que penetre en todos sentidos por los poros de la roca, con tal que esta penetracion sea intermitente, la formacion de las capas concéntricas será fácil de concebir. La coloracion de sus zonas no lo será menos, porque el agua para llegar allí habrá arrastrado á los diversos óxidos esparcidos por las capas vecinas. Asi es, por ejemplo, como la crisoprasa que está coloreada de verde por el óxido de niquel, se halla siempre acompañada de una materia terrosa verde, que debe su color á este mismo óxido.

En cuanto á los cristales que acompañan al agata pueden considerarse como anteriores á su formacion y contemporáneos al sulfuro de silicio, ó bien como posteriores á la reaccion agatígena, segun su naturaleza y las circunstancias que presenten.

424. Las agatas se encuentran en muchos parajes; pero

la industria á que da orígen esta sustancia se ha fijado hace mucho tiempo en Oberstein. Se encuentran efectivamente muchas agatas, asi en las cercanías de esta ciudad como en el canton Graumbach y en el departamento de la Mosselle que las suministran hace mucho tiempo.

Muchas veces se dan á las agatas matices artificiales, mojándolas en aceite caliente, enjugándolas bien é introduciéndolas en el ácido sulfúrico concentrado y caliente. La porcion de aceite que se ha embebido en la piedra reaccionando sobre el ácido se carboniza y toma una tinta morena ó negra.

Se ha tratado colorearlas de verde y de violeta por medio de las disoluciones de cobre y de oro; pero los matices que resultan son débiles ó desiguales. Podrian emplearse para esto procedimientos de doble descomposicion impregnando el agata de una sal de hierro, é introduciéndola en el cianuro de potasio y de hierro, para obtener el color azul de Prusia, por ejemplo. De la misma suerte podrian teñirse de un color violeta subido con el cloruro de plata, un cobreado con el cianuro de cobre, etc.

Calentando las cornalinas con precaucion pueden subirse de color: es preciso hacer esta operacion en un baño de arena para no pasar de la temperatura necesaria. Es muy probable que por esta operacion se destruya alguna porcion de hidrato de peróxido de hierro que es amarillo, y pase al de peróxido solamente que es rojo; pero es necesario tener cuidado de no llegar á la temperatura á que se volatilizaria tambien el agua que está combinada con la silice.

Puede fijarse en la superficie de las cornalinas una capa blanca, cubriéndolas con el carbonato de sosa, y calentándolas en la mufla. Por este medio se forma un subsilicato de sosa de un color blanco lechoso y tan duro como la misma agata.

El siguiente es el analísis de algunas agatas:

	Calcedonia.	Cornalina.	Crisoprasa.
Silice................	99,0	94,00	96,16
Alumina...........	0,0	3,50	0,08
Cal.................	0,0	0,00	0,83
Oxido de hierro....	0,0	0,75	0,08
Idem de niquel.....	0,0	0,00	1,00
Agua...............	1,0	1,75	1,85
	100,0	100,00	100,00

425. *Opalo.*—Los analísis citados mas adelante demuestran que el opalo es verdaderamente un hidrato de silice. La cantidad de agua en este hidrato parece variable; pero siempre es muy grande comparativamente con la que se encuentra en todas las demas variedades de silice.

Los opalos presentan dos clases con respecto á la finura de su grano: la una se confunde con las agatas, la otra con la silice propiamente dicha. Su densidad no es constante; varía de 2,0 á 2,5. La presencia del agua en los opalos disminuye mucho la dureza que estas piedras deberian tener naturalmente. Asi, aunque compuestas esencialmente de silice no producen fuego con el eslabon. Se quiebran fácilmente por el choque: su brillo es resinoso ó ceroso. Espuestas á la accion del fuego se vuelven blancas y pierden su trasparencia. No se conoce el opalo cristalizado; pero se concibe que podrá descubrirse. Es probable que si se llega á determinar la cristalizacion artificial de la silice se producirán realmente cristales de opalo.

La principal variedad de opalo es la que se llama *noble*,

precioso ó mas impropiamente *oriental*. Esta se encuentra principalmente en Czerwenitza, y en la Alta Hungría. Es de un blanco claro azulado, y presenta los colores vivos del iris, cuando se le mira bajo diversos aspectos. Esta propiedad es debida á las numerosas fisuras ó separaciones que contribuyen tambien para hacerle quebradizo.

Se llama *comun* el opalo que no produce los colores del iris.

Se llaman *hidrófanas* algunas variedades de opalo que se hacen trasparentes cuando se les introduce en el agua. Estas piedras absorven á este líquido con tal facilidad que se pegan á la lengua por la absorcion de la humedad que esta tiene.

Todas estas variedades se hallan en las mismas localidades que la calcedonia, y parece que se trasforman algunas veces en esta sustancia cuando han perdido su agua.

El analísis de algunos opalos, practicado por Klaproth es el siguiente:

	Opalo precioso.	Opalo comun.	Opalo de fuego.	Hidrófana.
Silice	90,0	93,50	92,00	93,12
Alumnia	——	——	——	1,63
Oxido de hierro	0,0	1,00	0,25	0,00
Agua	10,0	5,50	7,75	5,25
	100,0	100,00	100,00	100,00

426. Cerca de Menilmontant se ha descubierto un opalo ó pasta grosera que se ha designado con el nombre de *menilita*. Esta pasta difiere de los opalos propiamente dichos, en que su fractura es mas áspera y su estructura hojosa: tiene un color moreno: se encuentra en forma de riñones, entre una

arcilla que está compuesta en la mayor parte de silice y agua.

Klaporth ha practicado su analísis y ha obtenido por resultado:

Silice.	85,50
Alumina.	1,00
Oxido de hierro.	0,50
Cal.	0,50
Agua y productos orgánicos..	11,00
Pérdida.	1,50
	100,00

427. *Pedernal piromaco ó piedra de chispa.* Esta variedad de silice se emplea para hacer las piedras de chispa. Entra en la composicion de las pastas que se emplean en la fabricacion de muchos vasos terrosos, despues de reducida á polvo muy fino por medio de un molino particular destinado para este uso.

El pedernal se encuentra en riñones irregulares ó en bancos interrumpidos en las capas horizontales de los terrenos de sedimento, y particularmente en la creta, algunas veces tambien en el carbonato de cal compacto; su fractura es perfectamente conchoidea, unas veces lisa y otras granosa; su grano es mucho menos fino que el de la agata; su color varía desde el negro gris hasta el dorado pálido. En fragmentos delgados es trasparente, pero siempre nebuloso; su densidad es de 2,60; se blanquea por la accion del fuego, haciéndose entonces opaco, quebradizo y muy friable.

Los pedernales, cuando han salido de la cantera se cubren casi siempre de una capa mas ó menos espesa, blanca, muy friable y pulverulenta: esta es la silice en principio de sepa-

racion. Las superficies puestas en descubierto por la fractura esperimentan algunas veces un efecto semejante al cabo de algun tiempo. Cuando estan recien estraidos se hallan impregnados de humedad, que se manifiesta en gotas á la superficie de las fracturas; pero á poco de estar espuestos á la accion del aire, se apodera este de toda el agua que contienen, ó al menos solo les queda una pequeña cantidad.

La masa del pedernal no es siempre homogénea; muchas veces se halla manchada de lunares ó nudos blanquinosos, algunas veces enteramente opacos.

Estos accidentes de testura perjudican talmente al trabajo de las piedras de fusil, y los pedernales que los contienen se desechan por demasiado difíciles de tallar. Estas manchas resultan por otra parte de una diferencia de composicion que podrá ejercer tambien una influencia incómoda en las pastas de los vasos terrosos. Creemos útil bajo todos estos aspectos recordar los analísis siguientes, practicados por M. Vauquelin.

	Pedernal piromaco perfecto.	Porcion blanquinosa.	Porcion opaca.	Costra esterior.
Silice..............	97	98	97	86,4
Carbonato de cal...	0	2	5	9,9
Alumina ú óxido de hierro...........	1	1	1	1,2
Agua................	2	0	0	2,5
	100	101	103	100,0

428. En el trabajo de las piedras de fusil se distinguen los pedernales en *guijarros francos* y *guijarros granosos*. Los primeros son buenos de tallar, los otros no pueden ser tallados ó no lo son sino con mucha pérdida de tiempo y de trabajo.

Los guijarros francos tienen una forma casi globular; su peso varía entre dos y veinte libras, su pasta tiene un aspecto graso, un poco lustroso y un grano muy fino. Su color es poco variado, pero debe ser uniforme en tódo el guijarro. La fractura debe ser lisa, igual y ligeramente convexa ó cóncava (conchóidea), este es su caracter esencial. Los guijarros granosos son aquellos que han estado largo tiempo espuestos al aire y que han perdido su humedad natural, sin la cual no se les puede tallar, ó bien aquellos que tienen manchas blancas ó cavidades interiores, ó en fin, aquellos cuya forma es demasiado irregular: todos estos se desechan como inútiles. A estos detalles tomados de Dolomieu (*An. de minas, tomo IV, p.* 693), reunamos los que da sobre el tallado de las piedras de fusil.

Los útiles que se emplean para esta clase de trabajo son: 1.º, una pequeña maza de hierro del peso de una ó dos libras, con un mango de siete á ocho pulgadas (Lám. 12, fig. 9); 2.º, un pico de dos puntas de buen acero y bien templado, del peso de diez á veinte onzas, montado sobre un mango de siete pulgadas de longitud (Lám. 12, fig. 10); 3.º, un útil en forma de rodaja, de acero bien templado y del peso de doce onzas, con un mango de seis pulgadas (Lám. 12, fig. 11); 4.º, un cincel tallado en forma de bisel por ambos lados á la manera de un formon de carpintero; su longitud debe ser de ocho pulgadas, dos de ancho y hecho de acero sin templar. Se fija en un pedazo de madera que sirve de banco al obrero, y en el cual se introduce de dos á tres pulgadas (Lámina 12, figura 12).

Despues de haber escogido una masa á propósito de pedernal, puede dividirse toda la operacion en cuatro tiempos.

Para romper el pedazo se sienta el obrero en tierra, colo-

ca el guijarro sobre su muslo izquierdo, y pega encima de él unos pequeños golpes con la maza para dividirlo en mas ó menos partes, segun su grueso, y procurando que cada uno sea como de libra y media poco mas ó menos, con superficies anchas y sus fracturas aproximadamente planas; debe tener ademas la precaucion de no dividirlos por golpes demasiado secos y fuertes.

La principal operacion de este arte es la de dividir bien los guijarros, dándoles la longitud, grueso y forma mas á propósito para hacer desde luego las piedras de fusil: esta operacion es la que exige bastante destreza y una mano muy segura. La piedra no tiene direccion particular para su rotura, porque se divide en todas direcciones igualmente. El obrero tiene el pedazo de guijarro en su mano izquierda sin apoyarla en ninguna parte; golpea con el martillo en el borde de las facetas grandes que se han producido por la primera division hasta separar la capa blanca que cubre el guijarro en pequeñas hosas y dejar descubierto el pedernal, como lo representa la fig. 13; y en seguida continua separando otras hojas de pedernal limpio. Estas han de tener al poco mas ó menos pulgada y media de ancho, dos pulgadas y media de longitud y dos á tres líneas de espesor por el centro. Son ligeramente convexas por la parte de abajo y por consecuencia dejan en el lugar que ocupaban un espacio ligeramente cóncavo, terminado en su longitud por dos líneas un poco saliente, y al poco mas ó menos derechas (fig. 14). Esta clase de aristas producidas por la rotura de las primeras hojas deben hallarse hácia el medio de las que se han de arrancar sucesivamente, y aquellas donde se encuentran son las únicas que pueden servir para hacer las piedras de fusil.

Se continúa dividiendo la piedra de esta suerte en diversos

sentidos, hasta que las defectuosidades naturales de la masa hagan impracticable esta clase de division ó que el pedazo se halle reducido á un tamaño muy pequeño.

En las piedras de fusil se distinguen cinco partes (fig. 15): 1.ª, la mecha, parte que termina en forma de bisel y que debe tocar sobre el rastrillo. La mecha debe ser de dos ó tres líneas de ancho; mas ancha seria demasiado fragil, y mas angosta daria menos chispas: 2.ª, los flancos ó bordes laterales que son siempre un poco imperfectos: 3.ª, el talon que es la parte opuesta á la mecha y tiene todo el grueso de la piedra: 4.ª, la parte de abajo de la piedra que es lisa y un poco convexa: 5.ª, el asiento que es la pequeña cara superior que está terminada por las aristas que forman la mecha y el talon; esta parte es ligeramente cóncava y es lo que recibe la presion que la sujeta.

Para hacer la piedra se elige una hoja que tenga una arista longitudinal. Se determina el lado que ha de servir para la mecha, en seguida se rompe en el sentido de los flancos y el talon, apoyando la superficie convexa de la hoja sobre el corte del cincel y golpeando ligeramente con la rodaja. La piedra se rompe entonces exactamente por la línea que apoya sobre el corte del cincel. Lo mismo se practica para arreglar el corte de la piedra que debe estar muy recto.

La operacion de hacer la piedra no dura un minuto. Un buen obrero prepara mil hojas cada dia; hace 500 piedras en igual cantidad de tiempo, de suerte que en tres dias puede concluir 1,000 piedras de fusil.

Las hojas muy gruesas y las que conservan alguna parte de la capa blanca se venden para el uso del eslabon.

Esta fabricacion se hace en Francia en los comunes de Noyers, Saint-Aignan y Couffy, departamento de Loiret-Cher,

y en el de Lije, departamento del Indre. Tambien se fabrican en los comunes de Maysse (Ardiches), de Cerilly (Yonne) y de la Roche-Guyon (Seine-etoise), pero con menos actividad. La invencion de las cápsulas fulminantes tienden á destruir este ramo de industria que ocupaba mas de ochocientos obreros hace muchos años.

Las piedras de fusil deben conservarse en parages húmedos; de lo contrario se desecan y al usarlas se deterioran muy pronto. Las piedras pajizas no son tan duras como las pardas oscuras, pero como son lo bastante para producir muchas chispas, son preferibles porque desgastan menos el rastrillo.

La molienda del pedernal y su empleo en las fábricas de vasos terrosos las describiremos cuando nos ocupemos de este objeto.

429. *Piedra silice de moler.*—Esta difiere enteramente de la precedente, ya sea por su situacion, ya por su estructura. Se encuentra en capas contínuas, casi siempre horizontales y cuyo espesor parece ser de nueve á diez pies ordinariamente. Estan generalmente situadas sobre las alturas, reposan sobre un lecho de arcilla, y estan cubiertas de arena ferruginosas ó de guijarros rodados.

Estas piedras tienen la fractura recta, son opacas; su color varia y no tienen brillo. Estan siempre llenas de una infinidad de cavidadesirregulares mas ó menos voluminosas. Cuando estas cavidades son muy numerosas y grandes, se emplean las piedras en la construccion para lo que tienen un escelente uso. Cuando las cavidades estan en pequeño número y son de poco volúmen, se aplican á los molinos de donde se ha tomado su nombre.

La esplotacion de estas piedras se hace por un procedimiento sencillo.

Se descubre el banco, se determina el diámetro y espesor de los cilindros, en seguida se destaca el disco que debe formar la muela, para lo cual se forma una canal á su alrededor, en la cual se introducen á golpe de martillo unas cuñas de hierro colocadas entre dos de madera. Estraida la piedra se desvasta en la misma cantera y se conduce en seguida al sitio determinado. Hay que tener cuidado de practicar los cortes en el sentido horizontal, á fin que las caras de la muela sean paralelas á las del banco, que colocada en su destino tenga la misma posicion que en la cantera. Se llaman muelas de *puntal* á las que estan cortadas en sentido vertical; estas son menos estimadas.

Algunas veces se construyen muelas de muchas piezas, reunidas por círculos ó aros de hierro: parece que estas muelas no son de peor servicio, ni de menos duracion que las de una sola pieza.

Las piedras de moler mas estimadas son las de Tarterait cerca de la Ferté-sous-Jouarre. Estas piedras son de una sola pieza, y hay una esplotacion de ellas muy considerable y de tiempo muy antiguo. El banco que forman las piedras de esta clase tiene un grueso muy grande: muchas veces es de quince pies y muy raras veces baja de ocho.

En Houlbec cerca de Pacy departamento de el Eure, y en las pedreras; cerca de Limours se estraen tambien las muelas, pero estas son ordinariamente de muchas piezas. Se estraen tambien de otras muchas localidades, pero solamente para las necesidades de los paises vecinos, y la esplotacion solo se hace á medida que la necesidad lo exige.

Hecht ha hecho el analísis de la piedra de moler, y ha obtenido por resultado:

Silice....................	96
Alumina...............	2
Agua ó pérdida........	2
	100

Puede decirse que esta es la silice casi pura.

Las muelas mas estimadas son las que tienen un color *gris azulado*; despues de estas las *amarillas*, y son menos apreciadas todavia las *blancas*. Este es efectivamente el órden de su dureza. Las muelas blancas se gastan mucho mas pronto que las otras. Los precios estan en la relacion de 4, 3 y 2 para estas tres variedades.

430. *Piedra arenisca ó asperon.*—Bajo este nombre se conocen unos terrenos de depósito que están formados en diversas épocas, y que consisten principalmente en una arena cuarzosa, aglutinada por diversas sustancias segun los casos. El cimento poco abundante algunas veces relativamente á la arena, es ya de silice al estado de pedernal, ya de arcilla, ó ya de carbonato de cal. Las areniscas contienen muchas veces mica, feldspato ó diversas materias análogas que provienen evidentemente de las rocas que constituyen las montañas primitivas, cuyos restos han dado orígen á los depósitos de arenisca.

Las piedras de asperon tienen diversos usos segun su dureza, la finura de su grano, su color, circunstancias todas puramente físicas; pero en la mayor parte de los casos, su naturaleza en alto grado silicea es el objeto principal en los servicios á que se aplican: su color es muchas veces amarillento, otras rojizo, moreno y aun blanco.

La composicion de estas piedras debe variar y varia en efecto: unas veces el cuarzo se halla en granos casi puros y

otras el cimento forma hasta la mitad de la masa, estando la otra mitad formada de granos cuarzosos. Las principales areniscas son la *arenisca ullera*, *la roja*, *la guadersandstein*, *la molaza y la blanca*.

La arenisca ullera, es la mas antigua de todas; no se emplea sino para edificar y empedrar las calles y caminos.

La arenisca roja que se encuentra inmediatamente sobre la anterior se aplica para los mismos usos; pero como tiene mas solidez su aplicacion es mas frecuente.

La guadersandstein es una piedra arenisca mas reciente, aunque perteneciendo todavia á los terrenos secundarios. Su nombre, que significa piedra arenisca de talla, indica lo suficiente el uso que se hace de ella. Se emplea mucho para edificar en muchas partes de la Alemania.

Igual uso tiene la molaza: esta arenisca pertenece á los terrenos terciarios; es muy blanda naturalmente, pero se endurece cuando está espuesta al aire. Muchas veces se sirven de ella en Suiza. Cuando sale de la cantera se deja cortar con facilidad, pero al cabo de algun tiempo adquiere mucha solidez.

En fin, la arenisca blanca es mas moderna todavia: tal es la de Fontainebleau. Esta clase de arenisca se emplea únicamente para los empedrados: es muy dificil de labrar para poderla aplicar en los edificios.

Las arenas cuarzosas que se encuentran muchas veces en la naturaleza corresponden casi siempre á una formacion de arenisca. No les ha faltado mas para ser piedras areniscas, que el cimento necesario para ligar sus partes.

Se advierte relativamente á las piedras areniscas que se emplean en la construccion, que no hay que atender al sentido natural de sus capas para labrarlas; estas se prestan

indefinidamente en todas las direcciones, lo que no sucede con las piedras calcáreas. Es evidente que la naturaleza silicosa de las piedras areniscas las hace muy á propósito para el empedrado en razon á su dureza.

La porosidad de las areniscas las hace de un empleo escelente, para formar con ellas las piedras filtrantes. Su naturaleza silicosa hace por otra parte que no comuniquen al agua ninguna propiedad nociva, ni la cedan ninguno de sus principios constituyentes. Las piedras areniscas de Guipúzcoa son muy nombradas; pero casi todas las areniscas, aun las de Fontainebleau, son á propósito para este uso. En otro lugar trataremos de la disposicion de los aparatos para filtrar el agua.

Una de las aplicaciones mas notables de las areniscas es la fabricacion de las piedras de pulimentar los cuerpos duros, particularmente á los instrumentos de acero, á las piedras finas, etc. En esta aplicacion, que está fundada sobre la presencia de la silice en pequeños granos que constituyen las areniscas, toda la dificultad consiste en elegir una piedra muy homogénea, sólida y tenaz, de un grano grosero ó fino, segun se ha de destinar para empezar ó concluir la operacion del pulimento.

La piedra arenisca roja y la ullera son las que suministran ordinariamente las muelas ó piedras de afilar. Asi las piedras que se emplean en Oberstein para pulimentar las agatas, son de arenisca roja; de esta clase son tambien las piedras de afilar conocidas con el nombre de *piedras de lorena.* Las piedras con que se afilan ciertos instrumentos de figura particular son la mayor parte suministradas por la piedra arenisca ullera.

Su color es gris ó bien se aproxima al negro; cuando la arenisca es naturalmente fina se tallan directamente; en el caso

contrario, se muele la arenisca, se hace una pasta que se amolda en seguida y se cuece para endurecerla. Para desvastar en el tallado se emplea comunmente la arenisca de los terrenos terciarios.

Las piedras de afilar asi como las de molino estan sujetas á romperse con detonacion cuando se las imprime un movimiento demasiado rápido. Esto debe suceder siempre que la fuerza centrifuga se haga superior á la de cohesion que une las partículas de la masa entre sí. Por esto es preciso tener gran cuidado en la eleccion de las muelas destinadas á un uso que exige un movimiento de rotacion muy vivo. Estos accidentes suceden con frecuencia á pesar de esta precaucion, por lo cual deben disponerse estas piedras de manera que estén á cubierto los obreros de cualquiera desgracia de esta clase, sujetándolas con una armadura de aros y listas de hierro, dejando libre únicamente la porcion de piedra que debe producir el efecto en la clase de trabajo á que se destina.

FIN DEL TOMO I.

INDICE

DE LAS MATERIAS QUE CONTIENE ESTE TOMO.

Introduccion.

LIBRO PRIMERO.

FÉ DE ERRATAS.

PÁGINAS.	LÍNEAS.	DICE.	LÉASE.
IV	21	devisibilidad.	divisibilidad.
XIII	16	determina.	determinará.
XXV	4 y 5	yode.	iodo. (Léase siempre con i latina).
XXXVII	8	contiene.	contienen.
LV	2	conscide.	coinciden.
LVI	26	Flur.	Fluor.
LXVIII	23	1 át. azoe-|-2 át. 1[2. . .	1 át. azoe-|-1 át. 1[2.
LXXI	19	todas las sales son compuestas de este género.	todas las sales son compuestos de este género.
15	12	kilógramos.	kilógramas.
24	3, 4, 5 y 10	al estado.	en el estado.
27	5, 18 y 24	al estado.	en el estado.
32	22	al estado seco.	en el estado seco.
52	5	al estado de hidrato. . .	en el estado de hidrato.
54	29	por los trozos.	por los trazos.
57	5	en este easo..	en este caso.
Id.	26	al estado de convinacion.	en el estado de combinacion.
Id.	27	al estado de pureza. . .	en el estado de pureza.
88	9	por efectuar su detonacion.	para efectuar su detonacion.
101	3	presenta una propiedez. .	presenta una propiedad.
112	29	papcra.	papera.
134	7	color de suecino. . . .	color de succino.
138	1	do de flores de de madera de aveto.	de madera de aveto.
140	15	El azufre líquido. . . .	Al azufre líquido.
143	4	esta detonacion. . . .	esta decantacion.
15	2	sin alteraciones, precisamente igual.	sin alteracion, es precisamente igual.
163	15	sodre un sulfuro.	sobre un sulfuro.
169	28	Como este es mucho mas caro.	Como aquel es mucho mas caro.
172	7	perchas en el que deben sostener las telas. . .	perchas que deben sostener á las telas.
185	1	las gases penetran. . .	los gases penetran.
Id.	11	de una tela mecánica. .	de una tela metálica.
200	15	mezclás de un ácido. . .	mezclas de ácido.
226	28	el ácido sálico.	el ácido oxálico.
244	7	y de sulfato de hierro. .	y el sulfato de hierro.
246	29	Nordhasen.	Nordhausen.
251	10	sulfurosa..	sulfuroso.
260	7	la disuelve.	le disuelve.
261	12	análogas á las del ácido sulfúrico.	análogas á las del ácido hidro-sulfúrico.
262	30	hidroclorado.	hidroclorato.

PÁGINAS.	LÍNEAS.	DICE.	LÉASE.
270	19	calentándole el aire. . . .	calentándole al aire.
271	1	ácido nítrico chidrocló-rico.	ácido nítrico é hidroclórico.
Id.	11	una temperatura.	á una temperatura.
287	26	inflamarse.	inflarse.
299	27	no es conocido..	nos es conocido.
Id.	28	al estado seco y al estado de hidrato.	en el estado seco y en el estado de hidrato.
303	13	en la marcha de la peracion.	la marcha de la operacion.
308	16	por un intermedio. . . .	por el intermedio.
314	3	de color y luz.	de calor y luz.
320	13	apaga los europeos. . . .	apaga los cuerpos.
359	2	grado de contraccion. . .	grado de concentracion.
362	15	no ha sido motivado. . .	no ha sido motivada.
376	12	que contenga mucha aluminar.	que contenga mucha alumina.
395	18	en la retorta que da. . .	en la retorta queda.
399	13	á correr ó destruir. . .	á corroer ó destruir.
408	16	ha llegado á describir. .	ha llegado á descubrir.

